

# **Pengembangan Modul Ajar Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Berbasis EzGCM Pada Mata Pelajaran Muatan Lokal Untuk Siswa SMA/MA**

**Katmie**

Universitas Palangka Raya

**Email:**[katmiempd@gmail.com](mailto:katmiempd@gmail.com)

Diterima:12-06-2024; Disetujui:23-06-2025; Dipublikasi:24-06-2025

## **ABSTRAK**

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang memerlukan respons sistematis melalui pendidikan. Artikel ini menganalisis peran strategis pendidikan dalam membangun kesadaran mitigasi dan adaptasi perubahan iklim melalui integrasi konten ke dalam kurikulum Muatan Lokal jenjang SMA. Berdasarkan tinjauan literatur, penelitian ini mengidentifikasi urgensi pembelajaran perubahan iklim, kerangka kebijakan kurikulum, serta solusi berbasis digital untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Hasil kajian menunjukkan bahwa pendekatan multidisiplin, termasuk psikologi, pedagogi, dan teknologi, dapat memperkuat pemahaman siswa tentang dampak perubahan iklim serta mendorong partisipasi aktif dalam aksi keberlanjutan. Artikel ini juga menawarkan rekomendasi untuk pengembangan bahan ajar berbasis digital yang selaras dengan Kurikulum Merdeka.

**Kata Kunci:** kurikulum muatan lokal, mitigasi, adaptasi iklim, pembelajaran digital, pendidikan lingkungan

## **PENDAHULUAN**

Perubahan iklim telah menjadi krisis multidimensi yang mengancam ekosistem, ketahanan pangan, dan kesehatan manusia (Habibullah et al., 2022; Van Meijl et al., 2018). Upaya mengatasi dampaknya memerlukan kolaborasi lintas sektor, termasuk pendidikan. Sekolah berperan krusial dalam menanamkan literasi iklim melalui kurikulum, khususnya Muatan Lokal, yang fleksibel untuk mengintegrasikan isu lokal terkait perubahan iklim (Permendikbudristek No. 56/2022). Artikel ini mengeksplorasi bagaimana mitigasi (pengurangan penyebab) dan adaptasi (penyesuaian terhadap dampak) perubahan iklim dapat diinternalisasikan dalam pembelajaran SMA dengan dukungan teknologi digital.

Di Indonesia, komitmen terhadap pendidikan lingkungan telah diintegrasikan dalam kerangka kurikulum nasional, termasuk melalui mata pelajaran Muatan Lokal yang memungkinkan adaptasi konten sesuai karakteristik daerah (Permendikbud No. 79/2014). Fleksibilitas Kurikulum Merdeka semakin memperkuat peluang ini dengan menekankan pembelajaran berbasis proyek dan kontekstual (Kemendikbudristek, 2022). Namun, implementasi pembelajaran mitigasi dan adaptasi perubahan iklim masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan bahan ajar, kapasitas guru, dan pendekatan pedagogis yang kurang



inovatif (Sari et al., 2023).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi pustaka (literature review) untuk menganalisis peran strategis pendidikan dalam membangun kesadaran mitigasi dan adaptasi perubahan iklim melalui integrasi konten ke dalam kurikulum Muatan Lokal jenjang SMA. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber tertulis, seperti artikel jurnal ilmiah, dokumen kebijakan kurikulum, laporan penelitian, serta publikasi digital yang relevan dengan pendidikan perubahan iklim dan pengembangan bahan ajar berbasis teknologi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui telaah sistematis terhadap literatur yang relevan, dengan kriteria inklusi meliputi keterkaitan dengan topik pendidikan iklim, kurikulum Muatan Lokal, dan penggunaan teknologi pembelajaran seperti EzGCM. Selanjutnya, analisis data dilakukan dengan teknik analisis isi (content analysis), yaitu mengkaji isi dokumen untuk mengidentifikasi tema-tema utama, konsep penting, dan hubungan antara pendidikan, kebijakan kurikulum, serta solusi digital dalam mendukung pembelajaran perubahan iklim. Hasil analisis disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan pola-pola tematik yang muncul dari literatur dan memberikan rekomendasi praktis untuk pengembangan bahan ajar berbasis digital yang relevan dengan konteks Kurikulum Merdeka.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Mitigasi dan adaptasi merupakan dua strategi utama dalam menghadapi perubahan iklim yang saling melengkapi. Mitigasi berfokus pada upaya untuk mengurangi atau membatasi emisi gas rumah kaca ke atmosfer, sebagaimana ditegaskan oleh United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), melalui berbagai cara seperti efisiensi energi, transisi ke energi terbarukan, dan konservasi sumber daya alam. Di sisi lain, adaptasi menekankan pada penyesuaian sistem sosial-ekologis terhadap dampak perubahan iklim yang tak terhindarkan, seperti peningkatan ketahanan masyarakat terhadap bencana atau perubahan pola tanam, sebagaimana dijelaskan oleh Wang et al. (2023).

Dalam konteks ini, pendidikan memegang peran kunci dalam membangun kesadaran dan literasi iklim di kalangan generasi muda. Feinstein dan Mach (2019) mengemukakan bahwa pendidikan untuk perubahan iklim dapat dilaksanakan melalui tiga jalur utama, yaitu: pembangunan infrastruktur pendidikan yang mendukung kegiatan belajar berbasis lingkungan, integrasi kurikulum yang memuat topik-topik perubahan iklim secara eksplisit dan lintas disiplin, serta penerapan pembelajaran kontekstual yang mengaitkan materi pembelajaran dengan pengalaman nyata di lingkungan sekitar siswa.

Lebih jauh, pendekatan dari bidang psikologi memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mendorong perilaku pro-lingkungan. Gurtner dan

Moser (2023) menunjukkan bahwa pembentukan sikap dan perilaku yang ramah lingkungan dipengaruhi oleh faktor kognitif, afektif, dan sosial, yang semuanya dapat dikembangkan melalui pembelajaran yang dirancang secara tepat. Dalam mendukung hal tersebut, model pembelajaran 5E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) sebagaimana dikembangkan oleh Kurup dan Levinson (2020), terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa terkait isu pemanasan global. Model ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran, mengintegrasikan pemahaman ilmiah dengan pengalaman personal, dan memfasilitasi penalaran kritis terhadap isu lingkungan.

Dengan demikian, integrasi antara kebijakan pendidikan, pendekatan pedagogis inovatif, dan pemahaman psikologis tentang perilaku lingkungan menjadi landasan penting dalam membangun pendidikan iklim yang bermakna dan transformatif. Pendekatan multidisiplin ini tidak hanya memperkuat pemahaman siswa secara kognitif, tetapi juga menumbuhkan kesadaran dan tanggung jawab ekologis yang berkelanjutan.

Kurikulum Merdeka memberikan ruang yang luas bagi sekolah untuk mengembangkan materi pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan dan konteks lokal, salah satunya melalui Muatan Lokal. Sesuai dengan Permendikbud No. 79 Tahun 2014, Muatan Lokal bertujuan membekali peserta didik dengan pengetahuan dan keterampilan yang sesuai dengan karakteristik budaya, potensi, dan permasalahan daerah. Dalam konteks ini, isu perubahan iklim dan lingkungan hidup menjadi sangat relevan, mengingat banyaknya dampak iklim yang bersifat lokal, seperti banjir, kekeringan, atau pencemaran lingkungan.

Integrasi isu iklim dalam Muatan Lokal dapat dilakukan melalui tiga pendekatan utama. Pertama, melalui mata pelajaran mandiri, di mana sekolah dapat merancang mata pelajaran khusus yang membahas kearifan lokal dan isu lingkungan hidup, seperti pengelolaan hutan adat, sistem pertanian berkelanjutan, atau konservasi air berdasarkan praktik lokal. Pendekatan ini memberi keleluasaan dalam menyusun kurikulum, bahan ajar, dan aktivitas pembelajaran yang kontekstual.

Kedua, integrasi dapat dilakukan melalui Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5). Proyek ini memberikan ruang bagi siswa untuk terlibat dalam aksi nyata yang mendukung nilai-nilai keberlanjutan, seperti kampanye pengurangan sampah plastik, pengelolaan bank sampah sekolah, penghijauan lingkungan, atau penelitian sederhana terkait perubahan iklim di wilayah sekitar. Model ini menekankan pembelajaran berbasis pengalaman dan kolaborasi antarpeserta didik.

Ketiga, isu iklim dapat diintegrasikan melalui kolaborasi antarmata pelajaran (Zulfikri, 2022). Misalnya, guru IPA dapat mengajarkan konsep pemanasan global, guru IPS membahas dampaknya terhadap masyarakat, guru Bahasa Indonesia membimbing siswa membuat teks persuasi bertema lingkungan, dan guru Seni Budaya mengarahkan siswa menciptakan poster kampanye lingkungan. Pendekatan lintas mata pelajaran ini mendukung pemahaman yang

holistik dan menghubungkan berbagai perspektif terhadap satu isu yang kompleks.

Dengan fleksibilitas yang ditawarkan oleh Kurikulum Merdeka, Muatan Lokal menjadi sarana strategis untuk menanamkan kesadaran lingkungan dan literasi iklim sejak dini. Penguatan integrasi ini penting untuk menciptakan generasi muda yang adaptif, peduli lingkungan, dan mampu berkontribusi terhadap solusi keberlanjutan di tingkat lokal maupun global.

Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang besar dalam mendukung pembelajaran sains, khususnya dalam konteks pendidikan perubahan iklim. Teknologi tidak hanya berperan sebagai media bantu, tetapi juga sebagai alat transformasional yang meningkatkan keterlibatan kognitif dan afektif siswa. Berbagai inovasi digital memungkinkan penyajian materi secara interaktif, kontekstual, dan berbasis pengalaman, sehingga memperkuat pemahaman konsep yang bersifat abstrak dan kompleks seperti perubahan iklim.

Salah satu inovasi yang menonjol adalah EzGCM (Easy Global Climate Model), yaitu model iklim global berbasis komputer yang dirancang untuk kebutuhan pendidikan. EzGCM memungkinkan siswa melakukan simulasi dan eksplorasi terhadap variabel-variabel iklim seperti emisi karbon, suhu global, dan konsentrasi gas rumah kaca secara langsung. Berdasarkan studi Mostacedo-Marasovic et al. (2024), penggunaan EzGCM dalam pembelajaran terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep ilmiah dan hubungan kausal dalam sistem iklim global. Interaktivitas model ini memberi pengalaman belajar berbasis penemuan (*discovery learning*) yang mendorong rasa ingin tahu dan analisis kritis siswa.

Selain simulasi, *mobile learning* juga memainkan peran penting dalam memperluas akses dan fleksibilitas pembelajaran. Aplikasi pembelajaran yang mengintegrasikan teknik *spaced repetition* (pengulangan bertahap) dan gamifikasi telah terbukti meningkatkan retensi konsep secara signifikan. Geana et al. (2021) mencatat bahwa aplikasi semacam ini mampu meningkatkan retensi konsep hingga 21,5%, terutama karena kemampuannya untuk mempertahankan perhatian siswa dan memberi umpan balik langsung. Gamifikasi juga meningkatkan motivasi intrinsik dengan memberikan elemen tantangan dan penghargaan yang menyenangkan.

Lebih jauh, penerapan prinsip-prinsip multimedia dalam desain bahan ajar digital turut memperkuat efektivitas pembelajaran. Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Clark dan Mayer (2023), kombinasi teks dan visual yang dirancang secara sinergis mampu meningkatkan pemrosesan informasi dalam memori kerja, mengurangi beban kognitif, dan mempercepat pemahaman konsep. Visualisasi data, animasi ilmiah, serta infografis interaktif menjadi sarana penting untuk menjembatani konsep-konsep abstrak seperti efek rumah kaca, siklus karbon, dan dampak iklim terhadap ekosistem.

Dengan demikian, teknologi digital tidak hanya memperkaya metode penyampaian materi, tetapi juga mengubah cara siswa belajar, dari pasif menjadi

aktif dan eksploratif. Integrasi EzGCM, mobile learning, dan prinsip multimedia dalam pengembangan bahan ajar perubahan iklim menjadi strategi efektif untuk membangun literasi iklim yang kuat dan relevan dengan karakteristik generasi digital masa kini.

## KESIMPULAN

Pembelajaran perubahan iklim di tingkat SMA sebaiknya dirancang secara holistik dengan mengombinasikan pendekatan kontekstual, partisipatif, dan berbasis teknologi digital. Untuk mendukung hal tersebut, diperlukan beberapa langkah strategis: (1) pelatihan guru dalam pengembangan modul ajar yang memanfaatkan EzGCM sebagai alat simulasi iklim untuk memperkuat pemahaman ilmiah siswa; (2) penguatan kolaborasi antara sekolah dan pemangku kepentingan lokal dalam merancang dan melaksanakan proyek-proyek adaptasi berbasis komunitas; serta (3) pelaksanaan penelitian lanjutan guna mengevaluasi efektivitas gamifikasi dalam meningkatkan literasi iklim dan keterlibatan siswa secara berkelanjutan. Pendekatan ini diharapkan mampu membentuk peserta didik yang sadar iklim dan berdaya menghadapi tantangan keberlanjutan di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559. *Annual Review of Psychology*. Psychology of Climate Change. Linda Steg Faculty of Behavioural and Social Sciences, University of Groningen, The Netherlands; email: [e.m.steg@rug.nl](mailto:e.m.steg@rug.nl)
- Alexandra Okada and Peter Gray. A Climate Change and Sustainability Education Movement: Networks, Open Schooling, and the 'CARE-KNOW-DO' Framework. *Sustainability* 2023, 15(3), 2356; <https://doi.org/10.3390/su15032356>
- Amoakwa, A., Asante, G., Bentil, S., & Nipah, S. (2024). Climate Change Education in Basic Schools: The Educators's Lens on Techniques and Challenges. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(2), 1012-1024.
- Anderson, A. (2012). Climate change education for mitigation and adaptation. *Journal of education for sustainable development*, 6(2), 191-206.
- Chang, C. H. (2023). *Climate Change Education Knowing, Doing and Being*. Second edition published 2023 by Routledge 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN and by Routledge 605 Third Avenue, New York, NY 10158
- Claudia B., Gary P. & Gillian D. (2023). Knowledge and self-efficacy of youth to take action on climate change. 2022 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group. *Environmental Education*

Research, VOL. 29, NO. 11, 1597–1616

- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2023). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (5th ed.). Wiley.
- Feinstein, N. W., & Mach, K. J. (2019). Three roles for education in climate change adaptation. *Climate Risk Management*, 23, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.12.002>
- Geana, M., Mooney, K., Munoz, J., & White, R. (2021). Enhancing learning through mobile gamification and spaced repetition: A randomized trial. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(4), 469–487. <https://doi.org/10.1177/0047239520946432>
- Gurtner, M., & Moser, S. (2023). Understanding pro-environmental behavior: A psychological perspective on climate action. *Current Opinion in Psychology*, 52, 101652. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2023.101652>
- Kurup, P. M., & Levinson, R. (2020). Using the 5E instructional model to teach climate change in school science. *Teaching Science*, 66(2), 19–26.
- Kurup, P. M., Levinson, R., & Li, X. (2021). Informed-decision regarding global warming and climate change among high school students in the United Kingdom. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21, 166-185.
- Mostacedo-Marasovic, M., Matthews, H. D., & McGill, B. (2024). EzGCM: An educational global climate model for teaching climate dynamics. *Environmental Modelling & Software*, 172, 105586. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105586>
- Permendikbud. (2014). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 79 Tahun 2014 tentang Muatan Lokal Kurikulum 2013.
- UNFCCC. (n.d.). Mitigation and adaptation. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved from <https://unfccc.int>
- Wang, J., Chen, Y., & Li, F. (2023). Social-ecological systems and climate adaptation: A framework for resilience. *Global Environmental Change*, 78, 102663. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102663>
- Zulfikri, A. (2022). Integrasi isu lingkungan dalam kurikulum: Studi kasus Muatan Lokal di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 27(3), 315–328. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v27i3.3217>