

Persepsi Guru terhadap Materi Mitigasi Perubahan Iklim yang Diaplikasikan melalui Pengintegrasian Visi II Literasi Sains dan Pendekatan STEM

Risma Nursofa, Ghulam Hamdu, Elan

Universitas Pendidikan Indonesia

rismanursofa7@upi.edu

Article History

accepted 21/6/2025

approved 28/6/2025

published 31/7/2025

Abstract

Climate change mitigation is a crucial subject that needs to be well understood. However, many elementary school students still lack adequate climate change mitigation skills. This study aims to explore teachers' perceptions of climate change mitigation education for children by integrating the STEM approach and Vision II of Scientific Literacy. The background of this research is Indonesia's commitment to the Paris Agreement to combat climate change, despite the fact that the country remains one of the largest contributors to greenhouse gas emissions. Therefore, climate change mitigation education needs to be taught contextually through STEM and scientific literacy approaches. This research employed a qualitative method with data triangulation through questionnaires, semi-structured interviews, and document analysis. Thematic analysis was conducted using Braun & Clarke's (2006) model. The findings indicate that teachers perceive terms such as greenhouse effect, greenhouse gases, and global warming as difficult for students to understand, thus hindering meaningful comprehension of climate change mitigation. Furthermore, there is a lack of instructional media that simplifies these concepts for easier student understanding. Learning materials, student worksheets (LKPD), and media that connect climate change mitigation to socio-scientific issues rooted in environmental and social contexts are also currently unavailable.

Keywords: STEM, Vision II Scientific Literacy, Climate Change Mitigation

Abstrak

Mitigasi perubahan iklim merupakan materi yang penting untuk dipahami. Namun masih banyak siswa sekolah dasar yang memiliki kemampuan mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persepsi guru terhadap pembelajaran mitigasi perubahan iklim pada anak dengan mengintegrasikan pendekatan STEM dan Visi II Literasi Sains. Latar belakang penelitian ini adalah komitmen Indonesia dalam Perjanjian Paris untuk mengatasi perubahan iklim, meskipun nyatanya Indonesia masih menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar. Oleh karena itu, pembelajaran mitigasi perubahan iklim perlu diajarkan secara kontekstual melalui pendekatan STEM dan literasi sains. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan triangulasi data melalui angket, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumentasi. Data dianalisis secara tematik berdasarkan model Braun & Clarke (2006). Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru menganggap istilah-istilah seperti efek rumah kaca, gas rumah kaca, dan pemanasan global sulit dipahami siswa, sehingga menghambat pemahaman bermakna tentang mitigasi perubahan iklim. Selain itu, belum ada media pembelajaran yang menyederhanakan konsep tersebut agar mudah dipahami siswa. Pembelajaran, LKPD, dan media yang mengaitkan mitigasi perubahan iklim dengan isu sosiosaintifik berbasis lingkungan dan sosial juga belum tersedia.

Kata kunci: STEM, Visi II Literasi Sains, Mitigasi Perubahan Iklim



PENDAHULUAN

STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu yaitu *Science* (Sains), *Technology* (Teknologi), *Engineering* (Teknik), dan *Mathematics* (Matematika) (Dugger, 2010; Hallinen, 2024; Sarsale et al., 2024; Wan et al., 2021). Pendekatan STEM didefinisikan sebagai metode pengajaran yang mengintegrasikan pembelajaran ilmu pengetahuan dan matematika melalui penerapan praktik-praktik penyelidikan ilmiah, desain teknologi dan rekayasa, analisis matematika, serta tema dan keterampilan lintas disiplin abad ke-21. Pendekatan ini bertujuan mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan keterampilan yang relevan dengan kebutuhan zaman (Johnson, 2013). Pendekatan ini memiliki keunggulan dalam menanamkan keterampilan 4C, yaitu berpikir kritis (*critical thinking*), kreativitas (*creativity*), komunikasi (*communication*), dan kerjasama (*collaboration*) (Johnson, 2013). Dalam praktiknya, pendekatan STEM jarang digunakan untuk membahas dan menangani isu-isu lingkungan dan sosial. Hal ini terlihat dari dominasi STEM yang lebih banyak mendukung penerapan sains dan teknologi untuk mendorong kemajuan revolusi industri dalam pasar ekonomi global (Murphy et al., 2019; Ng, 2019). Akibatnya, pendekatan ini kurang memperhatikan dampak negatif kemajuan sains seperti perubahan iklim (Ripple et al., 2020). Saat ini, penerapan STEM lebih banyak didasarkan pada Visi I, yang menitikberatkan pada produk dan proses sains. Misalnya, di sekolah dasar dan menengah di Australia, hanya sekitar 9,1% pembelajaran yang terkait dengan Visi II yang mengawali pembelajaran dengan mengangkat isu lingkungan, sementara sebagian besar fokusnya adalah pada produk dan proses sains seperti pemrograman komputer (Broderick, 2023; Jones et al., 2024).

Menurut Jones dkk., (2024), terdapat beberapa visi dalam literasi sains yang digunakan untuk mengkontekstualisasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran sains. Visi tersebut mencakup Visi I dan Visi II yang diadaptasi dari Robert (2007). Visi I memulai pembelajaran dengan fokus pada produk dan proses sains yang nantinya akan diaplikasikan, sedangkan Visi II memulai dari suatu situasi konkret dan kemudian menghubungkannya dengan bagian-bagian sains yang relevan untuk menyelesaikan situasi tersebut. Visi II ini berangkat dari isu-isu sosio-saintifik, yang didefinisikan sebagai masalah masyarakat yang kompleks dengan keterkaitan konseptual, prosedural, dan/atau teknologi dengan sains.

Indonesia sendiri merupakan sepuluh besar penyumbang gas karbon dioksida terbanyak (United Nations Children's Fund, 2021). Padahal Indonesia berperan aktif dalam upaya penanggulangan mitigasi perubahan iklim dengan menunjukkan komitmen melalui pengesahan Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016, yang merupakan bagian dari partisipasi negara ini dalam Perjanjian Paris mengenai mitigasi perubahan iklim. Sehingga penting untuk mengajarkan mitigasi perubahan iklim. Upaya mitigasi dapat dilakukan melalui pendidikan karena pendidikan berperan sebagai kunci untuk mengatasi mitigasi perubahan iklim dengan cara memberikan pemahaman mengenai mitigasi perubahan iklim, dampaknya, serta cara mengatasinya dengan tepat (United Nation, 2022). Upaya mitigasi perubahan iklim dapat dilakukan dengan cara mengurangi emisi gas rumah kaca maupun meningkatkan kemampuan penyerapan gas rumah kaca. Pendekatan ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sehingga mengurangi dampak negatif mitigasi perubahan iklim. Hal ini sejalan dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Pasal 1 Tahun 2009 Tentang Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika menjelaskan bahwa mitigasi diartikan sebagai upaya pengendalian yang bertujuan untuk mengurangi risiko dampak mitigasi perubahan iklim dengan melakukan kegiatan yang dapat menurunkan emisi gas rumah kaca atau meningkatkan penyerapan gas tersebut dari berbagai sumber emisi. Langkah-langkah ini penting untuk mengendalikan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sehingga dapat meminimalkan efek negatif mitigasi perubahan iklim.

Ditemukan bahwa siswa sekolah dasar masih belum memiliki kemampuan mitigasi perubahan iklim (Ojala et al., 2022; Pramswari et al., 2022; Sutinah et al., 2023). Sejalan dengan itu, maka sebelum mengaplikasikan pembelajaran terkait mitigasi perubahan iklim pada anak maka perlu diketahui tentang persepsi guru terhadap pembelajaran mitigasi perubahan iklim. Terutama materi mitigasi perubahan iklim berbasis pengintegrasian STEM dan Visi II literasi sains karena mitigasi perubahan iklim perlu dilakukan secara kontekstual.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode triangulasi data yang di dalamnya menggunakan teknik pengumpulan data berupa studi dokumentasi, wawancara, dan angket. Wawancara dan pengisian angket dilakukan pada guru sekolah dasar dengan karakteristik memiliki riwayat pelatihan STEM dan melakukan proyek STEM. Pendekatan kualitatif bertujuan untuk menggali dan memahami makna yang diberikan individu atau kelompok (Cresswell, 2014). Teknik analisis data dilakukan dengan analisis tematik dari Braun & Clarke (2006). Yang menyatakan bahwa teknik analisis data terdiri dari tahap familiarisasi data dengan membaca hasil angket wawancara semi terstruktur, dan studi dokumentasi. Kedua, membuat kode untuk melabeli data penting. Ketiga, melihat koherensi kode dengan tema. Kelima, mendefinisikan tema. Keenam, menghasilkan laporan. Berdasarkan teknik analisis tersebut maka data dikelompokkan pada beberapa kategori diantaranya persepsi guru terhadap materi mitigasi perubahan iklim, persepsi guru terhadap pengintegrasian materi mitigasi perubahan iklim dengan STEM, persepsi guru terhadap Visi II literasi sains pada materi mitigasi perubahan iklim, media pembelajaran mitigasi perubahan iklim di sekolah, persepsi guru terhadap kebijakan yang mendukung pendekatan STEM berbasis Visi II Literasi Sains. Studi dokumentasi dilakukan terhadap desain rancangan pembelajaran, RPP, LKPD, dan media pembelajaran. Kisi-kisi angket dan wawancara dibuat sebagai berikut.

Tabel 1. Kisi-kisi Angket Guru

Aspek	Indikator
Materi Mitigasi perubahan iklim	a) Memperoleh informasi terkait persepsi guru terhadap materi mitigasi perubahan iklim. b) Memperoleh informasi terkait guru dalam melakukan pembelajaran materi mitigasi perubahan iklim.
Pendekatan STEM	a) Memperoleh informasi terkait guru terhadap pengintegrasian STEM dengan materi mitigasi perubahan iklim. b) Memperoleh informasi terkait guru terhadap pembelajaran mitigasi perubahan iklim dengan pendekatan STEM.
Isu Sosiosaintifik	a) Memperoleh informasi terkait pengaplikasian integrasi isu sosiosaintifik lingkungan dan sosial pada materi mitigasi perubahan iklim.
Media Pembelajaran	a) Memperoleh informasi terkait ketersediaan media pembelajaran mitigasi perubahan iklim di sekolah dasar. b) Memperoleh informasi terkait penentuan media pembelajaran dalam pembelajaran mitigasi perubahan iklim. c) Memperoleh informasi terkait penggunaan media pembelajaran materi mitigasi perubahan iklim.

Tabel 2. Kisi-kisi Wawancara Guru

Aspek	Indikator
Materi Mitigasi perubahan iklim	a) Memperoleh informasi terkait guru dalam menyampaikan materi mitigasi perubahan iklim. b) Memperoleh informasi terkait bagian materi mitigasi perubahan iklim yang sulit untuk diajarkan.
Pendekatan STEM	a) Memperoleh informasi terkait persepsi guru terhadap pengaplikasian pendekatan STEM pada pembelajaran sains. b) Memperoleh informasi terkait persepsi guru terhadap pengaplikasian materi mitigasi perubahan iklim berbasis pendekatan STEM. c) Memperoleh informasi terkait kesulitan dalam pengaplikasian materi mitigasi perubahan iklim berbasis pendekatan STEM.
Isu Sosiosaintifik	a) Memperoleh informasi terkait pengaplikasian integrasi isu sosiosaintifik lingkungan pada materi mitigasi perubahan iklim. b) Memperoleh informasi terkait adanya pengintegrasian isu sosiosaintifik sosial pada materi mitigasi perubahan iklim.
Media Pembelajaran	a) Memperoleh informasi terkait media pembelajaran di sekolah terkait mitigasi perubahan iklim. b) Memperoleh informasi terkait media pembelajaran yang digunakan pada pembelajaran mitigasi perubahan iklim. c) Memperoleh informasi terkait hambatan dalam menentukan dan menggunakan media pembelajaran tentang materi mitigasi perubahan iklim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Persepsi Guru

Hasil pengambilan data yang telah dilakukan menggambarkan persepsi guru terhadap metode penelitian. Berikut adalah hasil pengambilan data yang dilakukan melalui wawancara.

Aspek	Hasil Wawancara
Materi Mitigasi perubahan iklim	Kesulitan menyampaikan materi mitigasi perubahan iklim disebabkan adanya kesulitan siswa dalam memahami istilah-istilah dalam perubahan yaitu pemanasan global dan efek rumah kaca dan menyampaikan perubahan iklim dengan istilah yang sederhana.
Pendekatan STEM	Guru menyatakan bahwa pembelajaran sains berbasis STEM kesulitannya adalah keterampilan siswa dalam melakukan eksperimen yang dianggap rendah. Lalu terkait pengaplikasian mitigasi perubahan iklim dalam kesulitan siswa dalam memahami istilah dalam perubahan iklim sehingga sulit jika mitigasi dilakukan dengan STEM.
Isu Sosiosaintifik	Pembelajaran terkait mitigasi perubahan iklim yang diintegrasikan tidak ditemukan karena guru biasanya melakukan pembelajaran mitigasi perubahan iklim dengan hafalan sehingga tidak dikaitkan dengan aspek lingkungan dan sosial.
Media Pembelajaran	Media pembelajaran yang digunakan biasanya buku dan video pembelajaran dari Youtube. Namun video yang ditemukan tidak memuat penyampaian materi yang sesuai dengan bahasa sederhana yang dipahami siswa.

Berdasarkan hasil angket dan wawancara hambatan guru dalam menyampaikan materi perubahan iklim adalah istilah-istilah yang banyak menimbulkan miskonsepsi siswa seperti definisi efek rumah kaca, gas rumah kaca, dan pemanasan global. Dengan kurangnya pemahaman siswa terhadap istilah pada perubahan iklim maka pemahaman siswa terhadap mitigasi perubahan iklim menjadi tidak bermakna. Guru menganggap materi mitigasi perubahan iklim mudah karena pembelajaran ini hanya dianggap

dominan hafalan sehingga dapat berdampak pada siswa yang tidak dapat memahami alasan mitigasi perubahan iklim yang dipaparkan pada pembelajaran. Meskipun begitu, guru juga setuju jika materi mitigasi perubahan iklim lebih baik jika dikaitkan dengan penyelesaian masalah kontekstual.

Kesulitan tersebut memengaruhi persepsi guru dalam mengintegrasikan mitigasi perubahan iklim dengan STEM. Menurut guru dengan sulitnya istilah pada perubahan iklim untuk dipahami maka, jika pembelajaran mitigasi perubahan iklim diaplikasikan dengan pendekatan STEM akan lebih sulit karena menurut guru pendekatan STEM identik dengan penyelesaian suatu masalah melalui proyek. Yang mana hal tersebut akan sulit diaplikasikan pada pembelajaran jika belum memahami istilah-istilah pada materi perubahan iklim. Secara umum, persepsi guru terhadap pendekatan STEM dalam pembelajaran sains dianggap menantang dan cukup sulit diaplikasikan. Hal ini dikarenakan, guru merasa kesulitan untuk menentukan proyek yang sesuai dengan kemampuan siswa dan fasilitas yang mudah dijangkau oleh siswa.

Untuk pengintegrasian mitigasi perubahan iklim pada masalah kontekstual berkaitan dengan Visi II Literasi Sains yang mengawali pembelajaran dengan masalah lingkungan dan sosial untuk diselesaikan. Guru sendiri berpandangan bahwa pembelajaran tentang cara mengatasi mitigasi perubahan iklim penting untuk dikaitkan dengan masalah lingkungan dan sosial untuk diselesaikan. Namun pembelajaran mitigasi perubahan iklim yang telah dilaksanakan belum dikaitkan dengan masalah kontekstual untuk diselesaikan. Keterkaitan masalah kontekstual dengan mitigasi perubahan iklim yang pernah dilaksanakan adalah mengamati kenaikan suhu tinggi di lingkungan sekitar.

Analisis Perangkat Pembelajaran

Analisis dilakukan dengan menganalisa dokumen berupa rancangan pembelajaran, LKPD, dan media pembelajaran. Berdasarkan analisis terhadap rancangan pembelajaran, pembelajaran berbasis pendekatan STEM lebih dominan diaplikasikan di kelas tinggi yaitu kelas lima dan enam dengan model pembelajaran *Project based Learning* (PjBL) dengan tipe sintaks dari Lucas dan Laboy-Rush, Engineering Design Process (EDP). Namun, belum dapat ditemukan rancangan pembelajaran yang mengintegrasikan STEM dengan mitigasi perubahan iklim khususnya yang menjadikan masalah lingkungan dan sosial sebagai topik permasalahan yang diselesaikan melalui pembelajaran.

Project Based Learning (PjBL) merupakan suatu model pembelajaran yang menempatkan proyek sebagai pusat kegiatan belajar, di mana siswa didorong untuk melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, dan sintesis informasi guna mencapai tujuan pembelajaran tertentu (Thomas, 2000). Terdapat beberapa kerangka sintaks yang menjelaskan tahapan dalam model Project Based Learning (PjBL). Pertama, menurut Laboy-Rush (2011), PjBL terdiri dari enam tahap utama, yaitu: (1) Reflection, yaitu proses refleksi untuk membantu siswa memahami konteks permasalahan; (2) Research, tahap pengumpulan informasi yang relevan guna menyelesaikan masalah; (3) Discovery, di mana siswa menemukan solusi atas permasalahan yang dihadapi; (4) Application, tahap penerapan solusi yang telah dirumuskan; (5) Communication, yaitu proses penyampaian atau komunikasi hasil solusi yang telah dibuat. Kedua, model PjBL versi Lucas (2005) juga memiliki enam tahap, yaitu menetapkan pertanyaan utama yang akan dijawab, merancang proyek, menyusun jadwal pelaksanaan, memantau perkembangan proyek, menguji hasil akhir proyek, dan melakukan evaluasi. Selanjutnya, model *Engineering Design Process* (EDP) menurut Jolly (2016) meliputi tahap identifikasi masalah, penelitian, perancangan solusi, pembuatan prototipe, pengujian, perbaikan desain, dan tahap komunikasi hasil.

Media pembelajaran mengenai mitigasi perubahan iklim di sekolah dasar secara khusus pada dasarnya belum tersedia, kecuali beberapa buku bacaan di perpustakaan. Guru lebih sering menggunakan video dari internet dari *platform* Youtube, sebagai media pembelajaran. Namun, tantangan yang dihadapi adalah sulitnya menemukan video yang menyampaikan materi perubahan iklim dengan istilah yang sederhana dan mudah dipahami oleh siswa, mengingat banyaknya istilah teknis dalam materi ini. Temuan ini sejalan dengan studi yang menyatakan bahwa materi tentang mitigasi perubahan iklim dalam kanal Youtube menyampaikan materi yang tidak tervalidasi secara ilmiah dan tidak memenuhi aspek pedagogis (Allgaier, 2019; Duran-Becerra et al., 2020; Kohler & Dietrich, 2021). Video-video tersebut biasanya diputar menggunakan *smart TV* atau proyektor di kelas. Oleh karena itu, sangat diperlukan pengembangan media pembelajaran yang dapat menjelaskan istilah-istilah yang masih sulit dipahami siswa, seperti efek rumah kaca, pemanasan global, dan gas rumah kaca, dengan konten dan bahasa yang sesuai dengan usia anak agar mereka dapat memahami makna istilah-istilah tersebut dengan lebih baik. Hal ini memengaruhi kesulitan siswa dalam memahami materi mitigasi perubahan iklim secara bermakna karena belum memahami istilah-istilah pada materi perubahan iklim.

Menurut Guru Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang sesuai dengan pengaplikasian mitigasi perubahan iklim dengan pengintegrasian STEM dan Visi II literasi sains adalah yang berfungsi sebagai panduan bagi siswa dalam menyelesaikan proyek pembelajaran. LKPD menyediakan petunjuk yang membantu siswa melaksanakan kegiatan secara sistematis dan mendorong siswa untuk menuangkan ide dan merancang langkah-langkah penyelesaian secara mandiri, sehingga mendukung penerapan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) dan *Engineering Design Process* (EDP).

SIMPULAN

Penelitian ini mengkaji penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran mitigasi perubahan iklim di sekolah dasar, khususnya melalui perspektif Visi II Literasi Sains yang berfokus pada isu lingkungan dan sosial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru mengalami kendala dalam menyampaikan konsep perubahan iklim akibat istilah teknis yang kompleks, seperti efek rumah kaca dan pemanasan global, sehingga menghambat integrasi STEM. Selain itu, pembelajaran masih didominasi oleh pendekatan berbasis produk (Visi I), sementara keterkaitan dengan masalah kontekstual (Visi II) belum optimal. Analisis perangkat pembelajaran mengungkap bahwa model *Project Based Learning* (PjBL) dan *Engineering Design Process* (EDP) lebih banyak digunakan di kelas tinggi, namun belum sepenuhnya mengintegrasikan isu perubahan iklim. Media pembelajaran yang tersedia juga terbatas, dengan guru mengandalkan video online yang belum tentu sesuai dengan tingkat pemahaman siswa. Implikasinya, diperlukan pengembangan media pembelajaran yang lebih adaptif, pelatihan guru untuk memperkuat pemahaman STEM berbasis Visi II, serta penyusunan kurikulum yang mengaitkan perubahan iklim dengan masalah nyata. Rekomendasi penelitian selanjutnya mencakup eksplorasi strategi mengurangi miskonsepsi siswa dan perancangan proyek STEM yang relevan dengan isu lingkungan dan sosial untuk mendorong pembelajaran yang lebih kontekstual dan berdampak.

DAFTAR PUSTAKA

- Allgaier, J. (2019). Science and Environmental Communication on YouTube: Strategically Distorted Communications in Online Videos on Climate Change and Climate Engineering. *Frontiers in Communication*, 4(36). <https://doi.org/10.3389/fcomm.2019.00036>

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Broderick, N. (2023). Exploring different visions of scientific literacy in Irish primary science education: core issues and future directions. *Irish Educational Studies*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/03323315.2023.2230191>
- Cresswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Pub. <https://doi.org/10.5539/elt.v12n5p40>
- Dugger, W. E. (2010). Evolution of STEM in the United States. *Knowledge in Technology Education*, 1.
- Duran-Becerra, Z., López-Vargas, R., Villamizar, A., & Gómez, C. (2020). Climate Change on YouTube: A Potential Platform for Youth Learning. *Health Promotion Perspectives*, 10(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.34172/hpp.2020.45>
- Hallinen, J. (2024). *STEM Education Curriculum*. [Www.Britannica.Com. https://www.britannica.com/topic/STEM-education](https://www.britannica.com/topic/STEM-education)
- Johnson, C. C. (2013). Conceptualizing Integrated STEM Education. *School Science & Mathematics*, 113(8), 367–368. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ssm.12043>
- Jolly, A. (2016). *STEM by Design Strategies and Activities for Grades 4-8*. Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315679976>
- Jones, M., Geiger, V., Falloon, G., Fraser, S., Beswick, K., Holland-Twining, B., & Hatisaru, V. (2024). Learning contexts and visions for STEM in schools. *International Journal of Science Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2323032>
- Kohler, M., & Dietrich, D. (2021). YouTube Science Communication and The Challenge of Quality: A Content Analysis of Climate Change Videos. *Frontiers in Communication*, 6(581302). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.581302>
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning.Com*, 12(4), 1–12.
- Lucas, G. (2005). *Instructional module project based learning*. The George Lucas Educational Foundation. <https://www.lucasedresearch.org/>
- Murphy, S., MacDonald, A., Danaia, L., & Wang, C. (2019). An Analysis of Australian STEM Education Strategies. *Policy Futures in Education*, 17(2), 122–139. <https://doi.org/10.1177/1478210318774190>
- Ng, S. B. (2019). Exploring STEM competences for the 21st century. *In-Progress Reflection*, 30, 1–53. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485>
- Ojala, T., Bengtsson, A., Håg, A., & Kamala, A. (2022). Students' Knowledge of Climate Change, Mitigation and Adaptation in the Context of Constructive Hope. *Education Sciences (MDPI)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/educsci11030103>
- Pramswari, A. Y., Djukri, & Kurniawati, E. (2022). Understanding of Teachers and Elementary Students on Climate Change Mitigation and Issues. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 224–232. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i2.35475>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Pub. L. No. 31 (2009).
- Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Levin, K., Rockström, J., Newsome, T. M., Betts, M. G., Huq, S., Law, B. E., Kemp, L., Kalmus, P., & Lenton, T. M. (2020). World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2022. *Bio Science*, 70(1), 100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/biosci/biz152>
- Sarsale, J., Lopez, E. N., Alia, L., & Alejandro, B. (2024). STEM Education in ASEAN Countries: Practices and Way Forward. *Science Education International*, 35(4), 360–368. <https://doi.org/10.33828/sei.v35.i4.7>

- Sutinah, C., Widodo, A., Muslim, & Syaodih, E. (2023). Dapatkah Siswa Sekolah Dasar Mengambil Keputusan terkait Perubahan iklim? Sebuah Penelitian Deskriptif. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 6(2), 328–338. <https://doi.org/10.31949/jee.v6i2.5401>
- Thomas, J. W. (2000). A Review of Research on Project-Based Learning. In *A review of research on project-based learning*.
- United Nation. (2022). *Climate Action: Education is key to addressing climate change*. [Www.Un.Org. https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/education-key-addressing-climate-change](https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/education-key-addressing-climate-change)
- United Nations Children's Fund. (2021). *The Climate Crisis is a Child Rights Crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index*.
- Wan, Z. H., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM Education in Early Childhood: A Review of Empirical Studies. *Early Education and Development*, 32(7), 940–962. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986>