

INTEGRASI *ENVIRONMENTAL EDUCATION* PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA SEBAGAI MITIGASI ANCAMAN PERUBAHAN IKLIM

Zahra Nugraheni
Institut Agama Islam Negeri Ponorogo
nugraheni@iainponorogo.ac.id

Abstract

The climate change that occur on earth is very urgent to be searched for efforts of disaster mitigation. Education, especially mathematics education, has a strategic role in introducing and preventing climate change in the next generation. The reason is, mathematics is the mother of all sciences which is closely related to all aspects of life and is also the basis for technological development. Efforts to mitigate the threat of climate change in the school environment are through the integration of environmental education in the school curriculum, especially in mathematics learning process. This research is a literature review research related to the integration of environmental education in mathematics learning. It is hoped that the results of this research can become a reference for teachers as the efforts to mitigate climate change through integrating environmental education in mathematics learning.

Keywords : *Climate change, Environmental Education, Mathematics Learning*

Abstrak

Perubahan iklim yang terjadi di bumi sudah sangat mendesak untuk dilakukan upaya mitigasi kebencanaan. Pendidikan terutama pendidikan matematika mempunyai peran yang strategis dalam hal mengenalkan dan mencegah perubahan iklim pada generasi penerus kehidupan. Pasalnya, matematika merupakan induk dari segala ilmu yang terkait erat dengan segala aspek kehidupan juga sebagai dasar pengembangan teknologi. Upaya dalam mitigasi ancaman perubahan iklim pada lingkungan sekolah adalah melalui integrasi *environmental education* dalam kurikulum sekolah terutama dalam pembelajaran matematika. Penelitian ini merupakan penelitian kajian literatur terkait integrasi *environmental education* dalam pembelajaran matematika. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi guru dalam upaya mitigasi perubahan iklim melalui integrasi *environmental education* dalam pembelajaran matematika.

Kata Kunci: *Perubahan Iklim, Environmental Education, Pembelajaran Matematika, PLH*

PENDAHULUAN

Bumi merupakan sistem kehidupan yang kompleks di mana manusia menjadi komponen inti di dalamnya. Seiring waktu, kehidupan di bumi berubah sebagai respons dari aktivitas manusia. Salah satu perubahan yang terjadi dan sudah sangat terasa dampaknya saat ini adalah perubahan iklim. Indikator perubahan iklim diantaranya adalah kenaikan suhu bumi yang diikuti dengan kenaikan suhu yang lebih hangat di lautan, pencairan es di kutub bumi dalam jumlah yang besar, dan semakin sering terjadinya cuaca ekstrim (Haryanto & Prahara, 2019).

Berdasarkan laporan ke 6 *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) dijelaskan bahwa kenaikan suhu bumi pada tahun 2011 sampai 2020 sudah mencapai 1,1 derajat lebih tinggi daripada tahun 1850 sampai 1900. Kenaikan suhu ini merupakan kenaikan yang terbesar dalam kurun waktu 2000 tahun. IPCC menjelaskan bahwa penyebab utama pemanasan global adalah aktivitas manusia yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Emisi gas rumah kaca (emisi GRK) dalam skala global terus meningkat selama tahun 2010 sampai 2019. Peningkatan ini merupakan dampak berkelanjutan yang ditimbulkan dari penggunaan *unsustainable energy*, penggunaan lahan dan pengalihan fungsi lahan yang masif, serta pola konsumsi dan produksi yang masih belum mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Lebih lanjut, IPCC menegaskan bahwa perubahan iklim ini memberi dampak buruk yang kian meluas pada berbagai aspek seperti ketahanan pangan dan ketersediaan air, kesehatan masyarakat, perekonomian, dan keberlanjutan hayati (IPCC, 2023).

Apabila kondisi ini tidak segera ditangani, IPCC memprediksi pada tahun 2030 kenaikan suhu akan lebih tinggi dari 1,5°C dan akan sulit untuk membatasi pemanasan global di bawah 2°C. Lebih lanjut berdasarkan pemodelan yang dilakukan IPCC dengan berbagai skenario, pemanasan global akan terus meningkat dalam waktu dekat (tahun 2021 – 2040). Berdasarkan analisis yang digunakan, dalam jangka pendek, pemanasan global diprediksi akan lebih parah lagi, bahkan tidak bisa lebih rendah atau mencapai 1,5°C meski dengan skenario emisi GRK yang sangat rendah dan akan sangat mungkin mencapai lebih dari 1,5°C dengan skenario emisi yang lebih tinggi. Pada skenario emisi GRK yang paling tinggi pemanasan global akan mencapai 4,4°C (IPCC, 2023). Berdasarkan kondisi ini, IPCC menyebutkan bahwa perubahan iklim merupakan ancaman kesejahteraan manusia dan keberlangsungan kehidupan di bumi. Oleh karena itu, selain merumuskan regulasi yang tepat oleh pemangku kebijakan, penanaman kesadaran lingkungan khususnya pada generasi penerus kehidupan mendesak untuk dilakukan.

Di Indonesia permasalahan lingkungan terbilang sangat banyak dan mengerikan (Parker, 2018). Lebih lanjut, (Parker, 2018) mendeskripsikan bahwa di Indonesia sampah mencemari jalanan dan sungai, rendahnya kualitas udara di kota akan membuat pengunjung yang paling biasa pun akan membicarakannya. Secara internasional, Indonesia sudah banyak berbicara terkait tanggung-jawab lingkungan, diantaranya: Indonesia telah menjadi penyelenggara *UN Conference on Climate Change* di tahun 2007,

peserta UN *Decade for Education for Sustainable Development* (2005–2014), menandatangani REDD+ Treaty (*reducing emissions from deforestation and forest degradation*) dengan Norwegia di tahun 2011. Namun banyak yang melihat gerakan lingkungan hidup Indonesia di kancah internasional ini sebagai pendekatan ‘NATO’ (*No Action, Talk Only*). Pasalnya, Indonesia termasuk ke dalam 10 negara penghasil emisi gas rumah kaca tertinggi di dunia (Yonathan, 2023) dan penyumbang polusi plastik laut terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok (Wright & Waddell, 2017)

Masalah lingkungan ini merupakan masalah yang kompleks. Kompleksitas masalah lingkungan ini harus diikuti dengan upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap keberlanjutan lingkungan (Nopitasari & Juandi, 2020). Sebagaimana istilah *Education for Sustainability*, pendidikan memegang peran strategis untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan. Pendidikan yang berfokus pada penanaman dan penguatan kesadaran lingkungan dinamakan *Environmental Education* (EE) atau Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH). Melalui transfer pengetahuan, keterampilan, dan nilai-nilai, pendidikan, khususnya *Environmental Education* mampu merubah pandangan dan perilaku masyarakat terhadap lingkungan. Oleh karena itu *Environmental Education* atau Pendidikan Lingkungan Hidup perlu diintegrasikan dalam pembelajaran.

Environmental Education merupakan sebuah pendekatan, filosofi, alat, dan profesi (Monroe et al., 2007). *Environmental education* yang efektif mereprestasikan lebih dari sekedar transfer informasi yang searah, melainkan serangkaian alat untuk mengembangkan dan meningkatkan sikap, nilai, dan pengetahuan, serta membangun keterampilan dan menyiapkan individu dan komunitas untuk berkolaborasi melaksanakan tindakan lingkungan yang positif (Ardoin et al., 2020). Melalui pengembangan sikap, nilai, pengetahuan, watak, dan keterampilan untuk melakukan tindakan pro-lingkungan, pendidikan lingkungan mendorong keterlibatan dalam meningkatkan keberlanjutan interaksi antara manusia dan alam dari waktu ke waktu (Mastrángelo et al., 2019; Monroe, 2003; UNESCO, 1978). Lebih lanjut, (Ardoin & Bowers, 2020) menjelaskan urgensi integrasi *Environmental Education* karena kondisi ilmiah dan sosial di lingkungan dan permasalahan keberlanjutan sudah berubah, sehingga diperlukan pemikiran kritis, keterlibatan, dan pengambilan keputusan yang berkelanjutan, tidak hanya sebagai individu, namun juga dalam pengaturan komunal.

Selanjutnya, menurut Miranto, esensi pendidikan lingkungan hidup adalah untuk merubah pola pikir manusia yang bermental frontier menjadi manusia yang memiliki etika lingkungan. Mentalitas frontier ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: (1) adanya tabiat imperialisme biologis pada setiap makhluk hidup termasuk manusia, yang mana melalui tabiat ini makhluk hidup berkembang biak dan mencari makan untuk dirinya dan keturunannya, (2) manusia mempunyai nalar dan kemampuan untuk mencari kesejahteraan hidup, sehingga manusia tidak hanya sekedar ingin memenuhi kebutuhan hidup tetapi juga ingin unggul daripada yang lainnya, (3) manusia memandang bahwa dirinya bukan bagian dari alam, (4) adanya keinginan manusia untuk mendapatkan materi yang berlebih. Lebih lanjut, Miranto menjelaskan, mentalitas

frontier berdasarkan atas 3 sikap dasar manusia, yaitu: (1) memandang dunia merupakan sumber yang tak terbatas, (2) memandang manusia merupakan bagian yang terlepas dan alam, (3) memandang alam sebagai suau hal yang harus dikuasai. Sedangkan etika lingkungan adalah (1) manusia menyadari bahwa sumber alam terbatas dan harus digunakan secara bijak, (2) manusia menyadari bahwa dirinya merupakan satu kesatuan dengan alam, (3) manusia bukan penguasa bumi dan harus memanfaatkan hasil bumi secara bertanggungjawab (Miranto, 2017). Oleh karena itu pendidikan lingkungan hidup dinilai penting untuk diintegrasikan dalam pembelajaran di sekolah, tidak terkecuali pembelajaran matematika.

Matematika merupakan bidang kajian yang netral dan tanpa pengaruh politik sehingga memungkinkan untuk mengembangkan pendidikan moral melalui matematika (Nopitasari & Juandi, 2020). Matematika mempunyai peran yang signifikan dalam mendeskripsikan, memprediksi, dan mengkomunikasikan situasi lingkungan yang terjadi (Barwell et al., 2022). Peranan matematika dalam mendeskripsikan perubahan iklim dapat ditinjau dari fungsi matematika dalam menyajikan data secara statistik, misalnya dalam menyajikan penurunan luas area hutan hijau, kenaikan permukaan laut, atau kenaikan suhu udara. Penanan memprediksikan dapat dilihat dari fungsi matematika dalam melakukan prediksi di masa depan tentang fenomena perubahan iklim atau efek yang ditimbulkan melalui persamaan fungsi, metode stokastik, atau pemodelan matematika yang melibatkan serangkaian variable dan simulasi. Pemodelan matematika mempunyai dampak pada kehidupan nyata, singkatnya, ketika perubahan iklim dimodelkan akan membawa pada komitmen untuk menurunkan emisi karbon (Barwell, 2018). Dalam mengkomunikasikan isu perubahan iklim literasi statistika sangat diperlukan. Sehingga melalui data statistik publik dapat memahami seberapa mendesaknya ancaman perubahan iklim.

Pembelajaran matematika bertujuan untuk (1) menyiapkan siswa agar sanggup menghadapi perubahan keadaan di dalam kehidupan yang selalu berkembang melalui latihan bertindak atas dasar pemikiran secara logis, rasional, kritis, cermat, jujur, efektif dan efisien; dan (2) menyiapkan siswa agar dapat menggunakan matematika dan pola pikir matematika dalam kehidupan sehari-hari dan dalam mempelajari berbagai ilmu pengetahuan (Nopitasari & Juandi, 2020). Lebih lanjut, belajar dipandang sebagai proses sosial. Dari perspektif ini, pendidikan dipahami sebagai penciptaan kondisi bagi siswa untuk mengeksplorasi kehidupan di dunia tentunya dengan pendekatan yang sesuai, dan disosialisasikan ke dalam bentuk observasi dan analisis ilmiah yang tepat (Barwell et al., 2022).

Dengan demikian, isu-isu lingkungan dapat diintegrasikan dalam pembelajaran matematika sehingga pembelajaran matematika tidak terpisah jauh dari lingkungan dan kehidupan siswa. Selain itu, melalui integrasi isu-isu lingkungan dinilai dapat membangun dan meningkatkan pengetahuan dan perilaku siswa yang beretika lingkungan. Berdasarkan uraian tersebut, pengintegrasian *Environmental Education* dalam pembelajaran matematika dipandang sebagai solusi yang efektif dalam mitigasi perubahan iklim di lingkup pendidikan.

Berdasarkan uraian tersebut dalam penelitian ini, diajukan dua pertanyaan penelitian, yaitu: (1) bagaimana integrasi *Environmental Education* dalam kurikulum sekolah dan (2) bagaimana integrasi *Environmental Education* dalam pembelajaran matematika. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi praktisi pendidikan, khususnya guru matematika dalam mengintegrasikan isu lingkungan di ruang kelas, sehingga terbentuklah suatu kesadaran lingkungan di samping peningkatan kemampuan matematika.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu kajian literatur, dengan metode penelitian yang digunakan adalah *library research* (penelitian kepustakaan). Kegiatan dalam penelitian ini berupa penelaahan berbagai sumber seperti buku, kurikulum, laporan, artikel, prosiding, makalah, dan informasi terkait dengan implementasi *Environmental Education* dalam pembelajaran matematika sebagai upaya mitigasi bencana pemanasan global. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis dan mensintesis dokumen yang ditelaah sehingga menghasilkan gagasan baru untuk menjawab pertanyaan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Integrasi Environmental Education dalam Kurikulum Sekolah

Environmental education (EE) adalah suatu pendekatan, filosofi, alat, dan profesi. Sebagai disiplin ilmu, EE diaplikasikan dalam banyak cara untuk berbagai tujuan (Monroe et al., 2007). EE yang efektif merepresentasikan lebih dari sekedar transfer informasi searah, melainkan merupakan rangkaian alat untuk mengembangkan dan meningkatkan sikap, nilai, dan pengetahuan lingkungan, serta membangun keterampilan, mempersiapkan individu dan komunitas untuk secara kolaboratif melakukan tindakan lingkungan yang positif. Lingkungan pendidikan juga memfasilitasi hubungan antara temuan penelitian yang dapat ditindak lanjuti dalam praktik di lapangan, menciptakan ruang sinergis di mana para pemangku kepentingan berkolaborasi untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang dinamis dari waktu ke waktu (Ardoin et al., 2020; Ardoin & Bowers, 2020). Dalam definisi yang lebih ringkas, EE merupakan suatu pembelajaran tentang lingkungan. Dengan kata lain EE adalah pendidikan di dalam, tentang, dan untuk lingkungan (Lucas, 1972).

Berbagai tujuan EE diantaranya (1) suatu program yang memberikan peluang untuk mengeksplorasi alam di alam bebas, (2) memberikan informasi tentang isu-isu konservasi dan lingkungan, serta (3) peluang untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang dapat digunakan untuk mempertahankan, melindungi, melestarikan, atau memulihkan lingkungan (Monroe et al., 2007). Sedangkan sasaran EE diantaranya (1) untuk menumbuhkan kesadaran yang jelas, dan kepedulian terhadap, ekonomi, sosial, politik, dan saling ketergantungan secara ekologis di perkotaan dan pedesaan, (2) untuk

memberikan kesempatan kepada setiap orang guna memperoleh pengetahuan, nilai, sikap, komitmen, dan keterampilan yang dibutuhkan untuk melindungi dan memperbaiki lingkungan, (3) untuk menciptakan pola perilaku baru oleh individu, kelompok, dan masyarakat terhadap lingkungan (UNESCO, 1980).

Di Indonesia, *Environmental Education* (EE) dinamai sebagai Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH). Eksistensi PLH adalah merubah pola pikir manusia yang semula bermental *frontier* menjadi beretika lingkungan. Adapun etika lingkungan mengajarkan manusia agar: (1) menyadari dan meyakini bahwa sumber alam di bumi jumlahnya terbatas sehingga harus dimanfaatkan secara bijak dengan menerapkan prinsip efisiensi, sehingga lingkungan dapat dinikmati oleh generasi yang akan datang, (2) manusia berpadangan bahwa manusia adalah bagian dan kesatuan dari alam dan lingkungan sekitar, (3) manusia bukan penguasa bumi yang bebas memanfaatkan sumber daya di dalamnya secara tidak bertanggung-jawab. Hal ini dikarenakan permasalahan lingkungan hidup sesungguhnya berkaitan dengan pola pikir manusia. Oleh karena itu dalam mengembangkan program PLH harus ditunjukkan pada aspek perubahan perilaku terutama yang berkaitan dengan interaksi manusia dengan lingkungan dan kemampuan pemecahan masalah lingkungan (Miranto, 2017).

Integrasi EE dalam kurikulum sekolah di Indonesia dinamai dengan program Adiwiyata. Adiwiyata adalah program yang digagas dari kolaborasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kementerian Pendidikan untuk mendorong terciptanya pengetahuan dan kesadaran warga sekolah dalam pelestarian lingkungan hidup (Anih et al., 2021; Fauzani & Aminatun, 2021; Probosari et al., 2021). Adiwiyata merupakan program yang dilaksanakan untuk mewujudkan sekolah yang peduli, berwawasan luas, dan berbudaya lingkungan (Fauzani & Aminatun, 2021). Terdapat empat komponen utama dalam pelaksanaan program Adiwiyata, yaitu (1) pelaksanaan kebijakan ramah lingkungan, (2) menggunakan kurikulum tentang lingkungan hidup, (3) kegiatan partisipatif, dan (4) pengelolaan infrastruktur pendukung yang ramah lingkungan. Melalui pelaksanaan program Adiwiyata dapat mempengaruhi karakter peduli lingkungan siswa. Karakter peduli lingkungan adalah pengetahuan dan sikap peserta didik dalam upaya mencegah kerusakan dan mengembangkan upaya perbaikan kerusakan lingkungan hidup (Fauzani & Aminatun, 2021).

Dalam implementasi Adiwiyata, terdapat komponen dan standar pengelolaan sekolah Adiwiyata dengan mengacu pada Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup yang diintegrasikan pada visi, misi, dan tujuan sekolah, yang meliputi perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, materi lingkungan diintegrasikan ke dalam mata pelajaran, memberikan jam tambahan untuk digunakan dalam kegiatan lingkungan hidup, dan mengalokasikan dana untuk perlindungan dan kegiatan pengelolaan lingkungan hidup (Fauzani & Aminatun, 2021). Melalui program adiwiyata ini diharapkan sekolah mampu bertanggung jawab dalam hal pelestarian lingkungan dan pengembangan berkelanjutan.

Dalam kurikulum Merdeka, sekolah diberikan keluasaan untuk melaksanakan pembelajaran sesuai dengan potensi dan kondisi lingkungan sekitar, guna pengembangan bukan hanya sebatas aspek kognitif melainkan pula karakter siswa (Silvia & Tirtoni, 2023). Berkaitan dengan konsep EE dan Adiwiyata, tujuan pembelajaran adalah terjadi perbuahan behavior atau karakter siswa yang menjadi lebih peduli terhadap lingkungan. Untuk mencapai tujuan tersebut, pada sekolah Adiwiyata harus diintegrasikan materi lingkungan ke dalam mata Pelajaran. Menurut Hamzah (Amin et al., 2020) substansi pendidikan lingkungan setidaknya harus mencakup 5 pokok bahasan yaitu lingkungan sosial, lingkungan spasial, lingkungan alam, lingkungan buatan, serta perubahan iklim dan bencana lingkungan. Kandungan materi lingkungan dijabarkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Komponen Materi Lingkungan

Pokok Bahasan Pendidikan Lingkungan	Materi
K1. Lingkungan Sosial	(1) sistem nilai dan budaya, (2) peraturan dan kebijakan tentang lingkungan, (3) etika lingkungan, (4) sistem interaksi komponen lingkungan.
K2. Lingkungan Spasial	(5) sejarah dan konsep ekosistem (6) satuan ekologi dan strukturnya, (7) ragam ekosistem, (8) sumber daya alam, (9) keanekaragaman makhluk hidup, (10) populasi dan kepadatan, (11) keseimbangan dan konservasi.
K3. Lingkungan Alam	(12) biosfer, (13) komponen abiotik, (14) pencemaran lingkungan, (15) materi dan daurnya, (16) aliran energi, (17) kompetisi dan adaptasi.
K4. Lingkungan Buatan	(18) pengelolaan lingkungan dan sumber daya, (19) tata ruang, (20) pola hidup ramah lingkungan,
K5. Perubahan Iklim dan Bencana lingkungan	(21) sustainable development, (22) gas rumah kaca, (23) energi dan emisi, (24) teknologi dan emisi, (25) pola hidup rendah emisi, (26) mitigasi bencana, (27) AMDAL, dan (28) literasi lingkungan.

Integrasi materi dan konsep EE dalam kurikulum sekolah dapat dimulai dari manajemen sekolah sampai pada tingkat pembelajaran dalam kelas (Miranto, 2017). Pada tingkat manajemen sekolah, sekolah dapat mengembangkan program/kebijakan menuju sekolah berwawasan lingkungan. Misalnya, melalui program pemilahan sampah untuk membudayakan perilaku memilah sampah sebelum dibuang. Dalam program ini, tentu sekolah mengenalkan terlebih dahulu jenis-jenis sampah, durasi dekomposisinya, cara pengolahan, dan ancaman apabila tidak diolah dengan tepat. Pengenalan ini dapat dilakukan melalui integrasi ke dalam materi pembelajaran. Selain itu tentu sekolah harus menyediakan tiga jenis tempat sampah dan memfasilitasi proses pengolahan selanjutnya. Untuk memperluas wawasan siswa, sekolah bisa juga melakukan kunjungan ke tempat-tempat pengolahan sampah terakhir. Selain pemilahan sampah, sekolah juga bisa membiasakan budaya hidup *zero waste* melalui pembatasan konsumsi plastik di kantin sekolah. Sekolah bisa menerapkan kebijakan untuk membatasi makanan dan minuman yang dijual di kantin berupa makanan alami yang tidak dikemas dengan plastik, seperti *lemper*, *arem-arem*, *gethuk*, *onde-onde*, nasi pecel yang dibungkus dengan daun pisang, dsb. Selain itu, dalam membeli minuman, sekolah mewajibkan siswa untuk membawa botol minum sendiri untuk mengurangi sampah plastik bekas air minum. Melalui kebijakan ini, diharapkan siswa menjadi terbiasa untuk menerapkan pola hidup *zero waste* dan tentu disertai keuntungan yang lain, yaitu melalui pembudayaan konsumsi

makanan alami, siswa akan lebih mengenal budaya daerah dan membentuk preferensi dalam memilih makanan yang lebih sehat.

Integrasi EE ke dalam pembelajaran bersifat fleksibel. Integrasi EE ke dalam pembelajaran bisa dilakukan melalui penggunaan masalah lingkungan sebagai topik dalam pembelajaran, seperti: kenaikan suhu bumi, pencemaran sungai, menurunnya keanekaragaman hayati, kerusakan lahan, sejarah peristiwa di dunia yang menjadikan kerusakan lingkungan, dsb. Menurut (Miranto, 2017) EE bisa diintegrasikan secara parsial atau dijadikan topik pembelajaran tanpa mengurangi makna dari tujuan pembelajaran melalui pendekatan integratif. Kelebihan pendekatan integratif ini diantaranya: (1) mendorong kreativitas guru dalam merancang dan menyajikan topik dan aktivitas pembelajaran yang dikaitkan dengan konsep lingkungan, (2) memberikan peluang untuk guru dalam mengembangkan proses pembelajaran yang utuh, menyeluruh, dinamis dan bermakna karena relevan dengan permasalahan kehidupan, (3) mempermudah dan memotivasi siswa untuk mengenal, menerima, dan memahami keterkaitan antara konsep, pengetahuan, dengan nilai atau tindakan yang beretika lingkungan, (4) lebih efisien karena mampu menghemat waktu, tenaga dan biaya (Miranto, 2017).

Dengan demikian melalui integrasi materi lingkungan ke dalam kurikulum sekolah, menjadikan pendidikan berfungsi sebagai wadah dalam mengenalkan norma-norma baru yang sesuai dengan tuntutan kebutuhan pelestarian lingkungan dan pembangunan yang berkelanjutan. Integrasi materi lingkungan ke dalam pembelajaran merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan guru dan praktisi pendidikan untuk membentuk perilaku yang beretika lingkungan dan individu yang berwawasan lingkungan.

Di sisi lain, berdasarkan analisis yang dilakukan, dapat diketahui bahwa pelaksanaan integrasi EE ke dalam kurikulum di sekolah masih belum terlaksana secara optimal (Anih et al., 2021; Fauzani & Aminatun, 2021; Parker, 2018; Probosari et al., 2021; Silvia & Tirtoni, 2023). Menurut (Anih et al., 2021) tidak semua sekolah dengan predikat adiwiyata mengintegrasikan konsep dan materi lingkungan hidup dalam kurikulum sekolah. Bahkan (Parker, 2018) dalam tulisannya secara gamblang mengatakan bahwa integrasi EE hanya bertujuan untuk memenangkan perloaban dan mendapat hadiah daripada mengedukasi (*EE programmes encourage schools (and students) to participate in order to win prestige and prizes, rather than to educate*). Lebih lanjut, berdasarkan hasil telaah yang dilakukan, berbagai kendala yang dihadapi dalam integrasi EE ke dalam kurikulum sekolah diantaranya: (1) minimnya anggaran dan sarana penunjang seperti terbatasnya tempat sampah (Fauzani & Aminatun, 2021; Silvia & Tirtoni, 2023), (2) keterbatasan Sumber Daya Manusia (dalam hal ini kemampuan guru) dalam mengintegrasikan materi lingkungan ke dalam pembelajaran (Adawiah, 2019; Amin et al., 2020; Anih et al., 2021; Fauzani & Aminatun, 2021; Probosari et al., 2021; Silvia & Tirtoni, 2023), (3) masih rendahnya *environmental behaviour* yang dimiliki siswa dan acuhnya lingkungan sosial pada isu lingkungan (Darmawan & Dagamac, 2021; Parker, 2018;

Probosari et al., 2021), dan (4) waktu yang kurang memadai dalam hal pengintegrasian EE dalam pembelajaran (Sukma et al., 2020).

Integrasi *Environmental Education* pada Pembelajaran Matematika

Pembelajaran matematika adalah suatu pembelajaran tentang belajar untuk berpartisipasi dalam proses pemahaman makna yang melibatkan sekumpulan ciri semiotik seperti symbol, grafik, diagram, dan wacana matematika (Barwell et al., 2022). Matematika mempunyai peranan yang signifikan dalam mendeskripsikan, memprediksi, dan mengkomunikasikan isu-isu lingkungan yang tengah terjadi, sekaligus memegang fungsi sentral pada pola konsumsi kapitalis yang berkontribusi pada degradasi ini (Barwell, 2018). Seperti, pemodelan matematika mempunyai kontribusi yang nyata saat pemodelan itu digunakan untuk memprediksi dampak dari perubahan iklim dan terbentuknya komitmen untuk mengurangi emisi karbon (Barwell, 2018). Matematika, melalui penggunaan statistika juga dapat menyajikan berbagai kondisi bumi akibat perubahan iklim sehingga dapat menumbuhkan kesadaran lingkungan (Nugraheni, 2023).

Dalam rangka mengintegrasikan *Environmental Education* pada pembelajaran matematika, kunci keberhasilannya terletak pada guru (Mao, 2004). Untuk memperoleh pembelajaran matematika yang terintegrasi EE kuncinya adalah meningkatkan kualitas guru dan kesadaran lingkungan dalam diri guru. Sebelum mendidik siswa, guru harus terlebih dulu menyadari pentingnya integrasi EE dalam pembelajaran untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan yang selanjutnya berkontribusi pada keberlanjutan kehidupan. Guru harus mampu menggali materi-materi matematika yang relevan dengan isu lingkungan dan mengaitkannya dengan kesadaran lingkungan sebagai proses refleksi. Lebih lanjut, (Mao, 2004) memberikan contoh integrasi EE dalam materi matematika, sebagaimana disajikan pada gambar 1.

Berdasarkan contoh pada gambar 1, pembelajaran matematika dilakukan dengan mengajukan serangkaian permasalahan yang berkaitan dengan lingkungan. Untuk memandu siswa dalam kegiatan pemecahan masalah sekaligus menumbuhkan kesadaran lingkungan pada siswa, terlebih dulu guru menguraikan konsep-konsep terkait lingkungan (dalam hal ini nilai ekologi dari menanam pohon) sebagaimana dijelaskan dalam contoh.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Hendriana, 2018) berupa penelitian kualitatif yang diberikan pada siswa kelas VII SMP di Kota Padang, diberikan contoh permasalahan yang lebih relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa untuk diimplementasikan dalam proses pembelajaran matematika disajikan pada gambar 2.

Berdasarkan dua contoh tersebut, terdapat kesamaan antara keduanya yaitu dalam mengimplementasikan permasalahan matematika yang terintegrasi isu lingkungan, guru terlebih dulu menguraikan konsep-konsep terkait lingkungan atau urgensi kesadaran lingkungan. Dengan demikian siswa akan memperoleh pengalaman dan pemahaman terkait pentingnya tanggung jawab lingkungan untuk keberlangsungan

kehidupan. Intinya, dalam mengimplementasikan pembelajaran matematika berwawasan lingkungan diperlukan kreatifitas guru dalam mengaitkan setiap konsep atau permasalahan dengan nilai-nilai yang berkaitan dengan lingkungan (Hendriana, 2018; Mao, 2004).

Menurut perhitungan yang dilakukan oleh Profesor Dais dari Calcutta Agricultural University di India, sebatang pohon berumur lima puluh tahun bernilai sekitar \$31,200 produksi oksigen, \$62,500 dalam penyerapan gas beracun untuk mencegah polusi udara, \$31,200 dalam peningkatan kesuburan tanah, \$37,500 dalam konservasi air, dan \$2,500 dalam produksi protein. Nilai totalnya, tanpa mengambil bunga, buah, dan kayunya diperhitungkan mencapai sekitar \$165.000.

Biarkan siswa berpikir mengetahui seberapa besar nilai ekologis yang dapat dihasilkan oleh sebuah bibit lima puluh tahun kemudian. Dorong siswa untuk menanam lebih banyak pohon, tidak hanya pada hari libur saja.

Di dalam dua contoh dibawah ini, kita akan belajar cara menanam pohon di lereng. Untuk membangun sebuah penahan angin, kita harus memperhatikan jarak antar pohon dan jarak antar baris pohon yang ditanam. Kita harus menanam pohon secara ilmiah untuk melindungi kita badai pasir.

Contoh satu:

Sekolah membeli sejumlah bibit untuk memelihara lingkungan sekolah tetap hijau. Pada hari pertama, sepertiga bibit ditanam. Pada hari kedua ditanam lima puluh bibit. Total ada sembilan puluh bibit ditanam pada kedua hari tersebut. Berapa bibit yang dibeli sekolah? (Aljabar)

Contoh dua:

Untuk menanam pohon di lereng diperlukan jarak horizontal antara pohon yang bersebelahan (jarak dari puncak satu pohon dengan pohon di sebelahnya) sejauh 5,5 meter. Sudut kemiringan lereng adalah 24 derajat. Temukan jarak antara dua pohon yang berdekatan pada bidang miring (hingga dalam jarak 0,1 meter). (Geometri)

Gambar 1. Contoh Integrasi Isu Lingkungan dalam Pembelajaran Matematika (Mao, 2004)

Pokok bahasan: Bilangan Bulat

Masalah:

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting, meskipun air ini adalah sumber daya yang terbarukan, namun untuk air bersih ternyata sumber daya ini tidak bisa diperbarui.

Penggunaan air dalam kegiatan rumah tangga, perkantoran, industry dan lain - lain merupakan salah satu faktor yang menyebabkan akan terjadinya krisis air bersih di Indonesia pada tahun 2025 mendatang. Dari penelitian diperkirakan setiap orang dalam satu hari membutuhkan air rata-rata 200 liter untuk kegiatan sehari-hari (mandi, toilet, gosok gigi, mencuci, memasak, dan lain - lain). Sebuah keran pada wastafel tempat mencuci tangan dapat mengucurkan air sebanyak 1 liter dalam waktu 18 detik. Setelah digunakan keran tidak ditutup kembali sehingga air terbuang sia-sia. Diperkirakan pada hari itu keran tetap menyala selama 3 jam tanpa ada yang peduli untuk mematikannya, hitunglah:

- Berapa liter air yang terbuang sia-sia?
- Seandainya air itu digunakan untuk kebutuhan 1 hari, berapa orang yang dapat menggunakan air tersebut?

Refleksi: Bagaimana pendapatmu tentang masalah tersebut?

Komitmen: Dari hasil refleksi buatlah komitmen.

Gambar 2. Contoh Integrasi Isu Lingkungan dalam Pembelajaran Matematika (Hendriana, 2018)

Hasi penelitian (Özdemir, 2021) juga menunjukkan bahwa melalui integrasi isu lingkungan dalam pembelajaran matematika setidaknya diperoleh dua keuntungan, yaitu, tidak hanya peningkatan kesadaran lingkungan tapi juga menghasilkan konteks kehidupan nyata dalam pembelajaran matematika. Dalam penelitiannya, (Özdemir, 2021) melakukan pengintegrasian EE dalam pembelajaran matematika melalui penggunaan buku teks berbasis *environmental issues* yang sudah dikembangkan sebelumnya. Kemudian, diambil sampel sebanyak 17 siswa untuk diberikan serangkaian pertanyaan melalui wawancara untuk mengeksplorasi pemahaman mereka tentang lingkungan sebelum diberikan pembelajaran matematika terintegrasi EE. Secara keseluruhan, setelah dilaksanakan serangkaian aktivitas pembelajaran matematika yang terintegrasi isu lingkungan, hasil wawancara menunjukkan adanya peningkatan baik kesadaran lingkungan, pemahaman matematika, serta respons siswa terhadap pembelajaran. Perhitungan matematika yang dilakukan siswa selama pembelajaran dan hasil dari aktivitas selama pembelajaran matematika meningkatkan kesadaran siswa bahwa perilaku yang bahkan tanpa mereka sadari dapat merusak lingkungan. Sehingga mereka menjadi lebih memperhatikan peran mereka dalam keberlanjutan lingkungan. Hasil penelitian (Özdemir, 2021) ini mengindikasikan bahwa melalui aktivitas pembelajaran matematika yang terintegrasi isu lingkungan, siswa menjadi lebih sadar akan peran mereka, efek dan tanggung jawab mereka terhadap lingkungan, di samping mereka menjadi lebih paham tentang konsep matematika.

Konsep lain dalam hal integrasi EE pada pembelajaran matematika, dijumpai pada artikel (Barwell, 2013, 2018; Barwell et al., 2022; Boylan & Coles, 2017; Hiis & Barwell, 2017) yang menekankan pendekatan *critical mathematics education* dalam pembelajaran dengan memandang isu lingkungan sebagai permasalahan *post-normal science*. Skovsmose memperkenalkan sebuah pendekatan yaitu *critical mathematic education* (Boylan & Coles, 2017) yang mana didalamnya mensyaratkan klasifikasi pengetahuan menjadi: (1) pengetahuan matematika (aturan dan teknik sistem simbol formal), (2) pengetahuan teknologi (menerapkan matematika untuk menyelesaikan permasalahan dunia nyata, termasuk pemodelan matematika), dan, (3) pengetahuan reflektif (termasuk kesadaran akan tujuan pemodelan dan pertimbangan dari *formatting power of mathematics*).

Sedangkan, permasalahan lingkungan dikategorikan ke dalam permasalahan *post-normal science* (Barwell, 2013, 2018; Hiis & Barwell, 2017). *Post-normal science* merupakan pendekatan baru dalam sains di mana sains digunakan pada isu atau fakta yang kompleks, berubah-ubah, dan tidak pasti. Konsep *post-normal science* ini pertama kali dikenalkan oleh Funtowicz dan Ravetz pada tahun 1992 (Barwell, 2013). Funtowicz dan Ravetz (Barwell, 2013) menjelaskan bahwa suatu isu dapat dikategorikan dalam *post-normal science* apabila isu tersebut merupakan suatu kondisi dengan fakta yang tidak tentu, terjadi perselisihan nilai, taruhannya tinggi, dan membutuhkan keputusan yang mendesak. Jelas, *post-normal science* berbeda dengan sains tradisional yang pemecahan masalahnya cukup dengan dilakukan eksperimen yang terkontrol atau prosedur yang baku.

Dalam proses pembelajaran melalui pendekatan *critical mathematics education*, penyajian permasalahan *post-normal science* dapat dilakukan melalui literasi matematika. Literasi matematika menghubungkan *critical thinking* dengan *society phenomenon* yang di dalamnya terjadi proses refleksi diri sehingga terbentuk suatu *environmental awareness*. Sebagaimana pendapat Jablonka (Danoebroto & Alviyah, 2021) bahwa terdapat 5 tujuan literasi matematika, diantaranya literasi matematika untuk: (1) pengembangan modal manusia, (2) identitas budaya, (3) perubahan sosial, (4) kesadaran lingkungan, dan (5) evaluasi matematika. Merujuk pada poin ke empat, jelas sudah bahwa literasi matematika dapat menjadi media untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan.

Dalam praktik pembelajaran matematika dengan menggunakan pendekatan *critical mathematics education* perlu diperhatikan beberapa poin utama, sebagai berikut: (1) aktivitas kelas perlu dirancang untuk mempersiapkan siswa menjadi masyarakat yang kritis sebagaimana tujuan dari *critical mathematics education* dan *post-normal science* itu sendiri, (2) guru menyajikan permasalahan yang relevan yang memperhatikan aspek pemikiran kritis, peran matematika, potensi terjadinya konflik nilai, ketidak pastian dan kompleksitas pada isu sosial untuk menjadi basis pembelajaran, (3) dalam aktivitas pembelajarannya guru memandu siswa melalui berbagai aktivitas penyelidikan, pemecahan masalah, diskusi melalui pemberian suatu topik atau proyek yang mana di dalamnya menuntut siswa untuk berpikir, berargumen, dan saling mengkritisi pendapat antar teman (Hiis & Barwell, 2017). (Hiis & Barwell, 2017) memberikan contoh tiga proyek yaitu eksploitasi minyak, proyek keamanan lalu lintas, dan perubahan suhu bumi. Peran matematika bervariasi dalam ketiga proyek tersebut. Siswa dalam proyek lalu lintas harus menyelesaikannya tugas matematika untuk mengembangkan argumen yang menyoroti risiko kecelakaan, siswa yang berdiskusi tentang perubahan suhu harus memeriksa informasi dan hasil pengukuran matematika, siswa yang membahas eksploitasi minyak tidak diajak bekerja sama matematika secara eksplisit, namun memperoleh wawasan dalam konteks dunia nyata di mana terdapat banyak informasi yang lebih tinggi di dalam bentuk matematika (Hiis & Barwell, 2017).

Berdasarkan konsep integrasi dari uraian hasil telaah pustaka yang sudah dipaparkan, Secara konkret, dalam praktik pembelajaran di kelas, guru bisa memberikan suatu permasalahan lingkungan sebagai fokus pembelajaran yang mendorong siswa untuk mencari informasi berupa data riil lalu merepresentasikannya secara numerik atau grafik. Karena perkembangan informasi sekarang ini, tentu siswa dapat dengan mudah mengakses berbagai data lingkungan melalui internet. Misal, guru meminta siswa untuk mengumpulkan data terkait kebakaran hutan dan perkembangan industri tambang di Indonesia. Kemudian, siswa diminta untuk menyajikannya secara statistik. Tahap berikutnya, guru menuntun siswa untuk menganalisis dan menghubungkan antara fenomena kebakaran hutan dengan perkembangan industri tambang. Berdasarkan aktivitas ini, guru dapat menumbuhkan kesadaran siswa terkait pentingnya lahan hijau untuk keberlangsungan lingkungan, dan perlunya menciptakan teknologi industri yang ramah lingkungan untuk keseimbangan ekosistem yang berkelanjutan.

Selain itu, guru matematika juga bisa berkolaborasi dengan guru mata pelajaran lain, seperti IPA atau Geografi untuk membuat proyek terkait isu lingkungan. Guru bisa memberikan proyek terkait pola peningkatan pencemaran air, pertumbuhan penduduk, atau kenaikan suhu udara di suatu daerah. Dalam aktivitasnya siswa dituntut untuk berkolaborasi dalam mengumpulkan data, menginterpretasikannya dalam grafik atau tabel untuk memahami konteks permasalahan, serta melakukan simulasi yang melibatkan beberapa kondisi untuk menentukan persamaan yang mendekati fenomena yang mereka kaji. Pada akhir pembelajaran, guru meminta siswa untuk mengaitkan data yang sudah direpresentasikan dengan fenomena lingkungan yang mereka pahami. Hal ini tentu dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Selain mengkaji terkait fenomena lingkungan, secara kolaborasi, guru juga bisa memberikan proyek dalam hal pencegahan, misal, membuat kompos dari bahan sampah organik atau membuat media filter air alami. Di dalamnya, siswa bisa diminta untuk menyajikan data hasil pengamatan, kemudian membuat diagram atau tabel, dan menarik kesimpulan dari percobaan mereka. Melalui kegiatan ini, guru dapat memotivasi siswa untuk melakukan aksi pencegahan mulai dari lingkup yang paling kecil, yaitu diri mereka sendiri.

Berdasarkan uraian tersebut, matematika bukan merupakan hal yang terlepas dari permasalahan lingkungan, justru matematika erat kaitannya dengan permasalahan lingkungan. Oleh karena itu, mengintegrasikan isu lingkungan ke dalam pembelajaran matematika merupakan suatu cara yang efektif untuk membelajarkan matematika sekaligus menanamkan kesadaran lingkungan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, kesimpulan dalam penelitian ini, diantaranya:

1. *Environmental Education* (EE) sangat mungkin diintegrasikan dalam kurikulum sekolah. Integrasi EE ke dalam kurikulum sekolah, dapat dilakukan melalui integrasi pada aspek manajemen dan kebijakan sekolah atau integrasi dalam pembelajaran di kelas. Dengan demikian melalui integrasi materi lingkungan ke dalam kurikulum sekolah, menjadikan pendidikan berfungsi sebagai wadah dalam mengenalkan norma-norma baru yang sesuai dengan tuntutan kebutuhan pelestarian lingkungan dan pembangunan yang berkelanjutan. Meskipun demikian, implementasi kurikulum sekolah yang terintegrasi EE masih mengalami berbagai hambatan diantaranya: (1) minimnya anggaran dan sarana penunjang seperti terbatasnya tempat sampah, (2) keterbatasan Sumber Daya Manusia (dalam hal ini kemampuan guru) dalam mengintegrasikan materi lingkungan ke dalam pembelajaran, (3) masih rendahnya *environmental behaviour* yang dimiliki siswa dan acuhnya lingkungan sosial pada isu lingkungan, serta (4) waktu yang kurang memadai dalam hal pengintegrasian EE dalam pembelajaran.

2. Lebih spesifik, *Environmental Education* (EE) dapat diintegrasikan dalam pembelajaran matematika, melalui integrasi isu-isu lingkungan ke dalam pembelajaran sebagai topik permasalahan untuk diselidiki dan dipecahkan dalam aktivitas pembelajaran. Dalam rangka integrasi EE dalam pembelajaran matematika guru memegang peran kunci, karena diperlukan kreativitas dan kejelian guru dalam mengaitkan isu lingkungan dengan materi matematika. Untuk meningkatkan *critical thinking* siswa melalui integrasi permasalahan lingkungan dapat diimplementasikan pendekatan *critical mathematics education* yang menggabungkan (1) pemahaman matematika, (2) pengetahuan teknologi (dalam hal ini menggunakan matematika untuk menyelesaikan permasalahan dunia nyata, dan (3) pengetahuan reflektif (dengan tujuan meningkatkan kesadaran lingkungan dalam diri siswa). Hal ini mengindikasikan bahwa matematika bukan merupakan hal yang terlepas dari permasalahan lingkungan, justru matematika erat kaitannya dengan permasalahan lingkungan. Oleh karena itu, mengintegrasikan isu lingkungan ke dalam pembelajaran matematika merupakan suatu cara yang efektif untuk membelajarkan matematika sekaligus menanamkan kesadaran lingkungan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dirumuskan beberapa saran untuk guru dan penelitian selanjutnya, sebagai berikut:

1. Disarankan bagi guru matematika untuk mengembangkan kompetensi dalam membawa dan mengaitkan isu lingkungan ke dalam pembelajaran matematika. Sehingga peningkatan pengetahuan matematika siswa akan disertai dengan peningkatan kesadaran lingkungan.
2. Peneliti berikutnya disarankan untuk mengembangkan rancangan pembelajaran yang mengintegrasikan EE ke dalam pembelajaran matematika sebagai upaya konkret dalam meningkatkan kesadaran lingkungan melalui pembelajaran matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah, R. (2019). Implementation of Adiwiyata program to build environmental awareness. *Journal of Wetlands Environmental Management*, 7(2), 106–114.
- Amin, M. S., Permanasari, A., & Hamidah, I. (2020). Integrasi Low Carbon Education Dalam Kurikulum Pendidikan Calon Guru Ipa Di Indonesia Sebagai Upaya Tantangan Ekologis Di Masa Depan. *JUPI (Jurnal IPA Dan Pembelajaran IPA)*, 4(2), 231–243. <https://doi.org/10.24815/jupi.v4i2.17965>
- Anih, E., Rachman, I., Rohmawatiningsih, W., & Yayoi, K. (2021). The implementation of environmental education-based curriculum towards adiwiyata predicate school. Case study: an elementary school in Subang City, West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 802(1), 12011.
- Ardoin, N. M., & Bowers, A. W. (2020). Early childhood environmental education : A systematic review of the research literature. *Educational Research Review*,

- 31(November 2019), 100353. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100353>
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241(August 2019), 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Barwell, R. (2013). The mathematical formatting of climate change: Critical mathematics education and post-normal science. *Research in Mathematics Education*, 15(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/14794802.2012.756633>
- Barwell, R. (2018). *Some Thoughts on a Mathematics Education for Environmental Sustainability*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77760-3_9
- Barwell, R., Boylan, M., & Coles, A. (2022). Mathematics education and the living world: A dialogic response to a global crisis. *The Journal of Mathematical Behavior*, 68, 101013. <https://doi.org/10.1016/J.JMATHB.2022.101013>
- Boylan, M., & Coles, A. (2017). Is Another Mathematics Education Possible? An Introduction to A Special Issue on Mathematics Education and The Living World. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 32.
- Danoebroto, S. W., & Alviyah, T. J. (2021). *Pengertian, Tujuan, dan Pengembangan Kemampuan Literasi Matematika*. 8(1), 44–54.
- Darmawan, M. D., & Dagamac, N. H. (2021). *Situation of Environmental Education in Senior High School Programs in Indonesia: Perspectives from the Teachers of Palembang*. 17(3).
- Fauzani, P., & Aminatun, T. (2021). Adiwiyata program implementation in inculcating environmental care characters: A literature review. *6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*, 150–154.
- Haryanto, H. C., & Prahara, S. A. (2019). Perubahan Iklim, Siapa Yang Bertanggung Jawab? *Insight: Jurnal Ilmiah Psikologi*, 21(2), 50. <https://doi.org/10.26486/psikologi.v21i2.811>
- Hendriana. (2018). Pembelajaran Matematika Berwawasan Lingkungan. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan (SENPLING)*, 459–465.
- Hiis, K., & Barwell, R. (2017). Post-normal science and mathematics education in uncertain times: Educating future citizens for extended peer communities. *Futures*, 91, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.013>
- IPCC. (2023). *Synthesis Report Of The Ipcc Sixth Assessment Report (AR6)*. IPCC. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=PT%0Ahttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012PC0011:pt:NOT>
- Lucas, A. M. (1972). *Environment and Environmental Education: Conceptual Issues and Curriculum Implications*. The Ohio State University.
- Mao, J. (2004). Teaching environmental awareness in mathematics. *Chinese Education and Society*, 37(4), 53–56. <https://doi.org/10.1080/10611932.2004.11031651>
- Mastrángelo, M. E., Pérez-harguindeguy, N., Enrico, L., Bennett, E., Lavorel, S., Cumming, G. S., Abeygunawardane, D., Amarilla, L. D., Burkhard, B., Egoh, B. N., Frishkoff, L., Galetto, L., & Huber, S. (2019). sustainability goals. *Nature Sustainability*, 2(December), 1115–1121. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0412-1>
- Miranto, S. (2017). Integrasi Konsep-Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup Dalam Pembelajaran Di Sekolah Menengah. *Edusains*, 9(1), 81–88. <https://doi.org/10.15408/es.v9i1.5364>
- Monroe, M. C. (2003). Two Avenues for Encouraging Conservation Behaviors. *Human Ecology Review*, 10(2), 113–125.

- Monroe, M. C., Resources, F., Andrews, E., Biedenweg, K., & Resources, F. (2007). A Framework for Environmental Education Strategies. *Applied Environmental Education and Communication*, 6, 205–216. <https://doi.org/10.1080/15330150801944416>
- Nopitasari, D., & Juandi, D. (2020). Persepsi Guru Terhadap Pembelajaran Matematika Berbasis Lingkungan. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 5(2), 156–162.
- Nugraheni, Z. (2023). Menyelisik Peran Pendidikan Matematika dalam Mitigasi Ancaman Perubahan Iklim. *Seametrical Vol 4 Issue 1*, 13–18. <https://www.qitepinmath.org/en/publications/bulletin/seametrical-vol-4-no-1/examining-the-role-of-mathematics-education-in-mitigating-the-threat-of-climate-change/#>
- Özdemir, D. (2021). Integration Of Mathematics And Environmental Education: Change In The Views Of 5th Grade. *Acta Didactica Napocensia*, 14(2), 194–202. <https://doi.org/10.24193/adn.14.2.14>
- Parker, L. (2018). Environmentalism and education for sustainability in Indonesia. *Indonesia and Malaya World*, 46(136), 235–240. <https://doi.org/10.1080/13639811.2018.1519994>
- Probosari, R. M., Nugraheni, F. S. A., & Widyastuti, F. (2021). Raising environmental awareness in school: A case study of environmental education through implementation adiwiyata-based curriculum. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 17(1), 181–190.
- Silvia, E. D. E., & Tirtoni, F. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Berbasis Pendidikan Karakter Peduli Lingkungan di Sekolah Adiwiyata. *Journal Visipena*, 13(2), 130–144.
- Sukma, E., Ramadhan, S., & Indriyani, V. (2020). Integration of environmental education in elementary schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012136>
- UNESCO. (1980). *Environmental education in the light of the Tbilisi Conference*.
- UNESCO, T. D. (1978). Intergovernmental conference on environmental education. *Final Report. Paris*.
- Wright, T., & Waddell, S. (2017). *How can Indonesia win against plastic pollution? The Conversation*. <https://theconversation.com/how-can-indonesia-win-against-plastic-pollution-80966>
- Yonathan, A. Z. (2023). *Indonesia Jadi Salah Satu Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca Terbesar di Dunia*. Good Stat. <https://data.goodstats.id/statistic/agneszfanyayonatan/indonesia-jadi-salah-satu-penyumbang-emisi-gas-rumah-kaca-terbesar-di-dunia-fsCDv>