

EDUKASI LINGKUNGAN BERBASIS DATA: MENGUKUR DAN MENGURANGI SAMPAH RUMAH TANGGA DENGAN PENDEKATAN MATEMATIKA

**Wandra Irvandi¹, Dwi Oktaviana², Marhadi Saputro³, Iwit Prihatin⁴,
Abdillah⁵**

^{1,2,3,4,5}Pendidikan Matematika, MIPA dan Teknologi, Universitas PGRI Pontianak, Jalan Ampera
No. 88 Pontianak

²e-mail dwi.oktaviana7@gmail.com

Submitted 08-12-2025

Accepted 30-04-2026

Published 30-04-2026

Abstrak

Pulau Lemukutan menghadapi peningkatan volume sampah akibat aktivitas pariwisata dan konsumsi masyarakat. Minimnya sarana pengelolaan sampah serta rendahnya kesadaran ekologis menyebabkan sebagian besar warga masih membuang sampah ke laut atau membakarnya di sekitar pemukiman. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan kemampuan masyarakat Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat, dalam mengelola sampah rumah tangga melalui pendekatan berbasis data dan penerapan konsep matematika sederhana. Metode yang digunakan adalah *Participatory Action Research* (PAR) yang melibatkan tiga tahap utama: perencanaan, tindakan, dan refleksi. Kegiatan dilaksanakan di Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat dengan peserta sebanyak 22 orang. Hasil kegiatan menunjukkan pengukuran kemampuan awal (*pre-test*) hanya 27% peserta memahami cara mencatat volume sampah rumah tangga secara sistematis. Setelah pelaksanaan kegiatan, hasil *post-test* menunjukkan peningkatan hingga 86% peserta yang mampu melakukan pengukuran dan analisis data sederhana. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam kemampuan literasi numerasi peserta. Pendekatan ini terbukti efektif dalam memperkuat literasi numerasi dan kesadaran ekologis masyarakat.

Kata Kunci: edukasi lingkungan, data, matematika, pengelolaan sampah, masyarakat Pulau Lemukutan

Abstract

Lemukutan Island is experiencing an increase in waste volume due to tourism activities and community consumption. The lack of waste management facilities and low ecological awareness have led most residents to dispose of waste into the sea or burn it around their settlements. This community service program aims to enhance the awareness and capacity of the people of Lemukutan Island, West Kalimantan, in managing household waste through a data-based approach and the application of simple mathematical concepts. The method employed is Participatory Action Research (PAR), which involves three main stages: planning, action, and reflection. The program was conducted on Lemukutan Island, West Kalimantan, with 22 participants. The results show that the initial assessment (pre-test) indicated only 27% of participants understood how to systematically record household waste volume. After the program implementation, the post-test results revealed an increase to 86% of participants who were able to perform measurements and simple data analysis. These findings indicate a significant improvement in participants' numeracy literacy skills. This

approach has proven effective in strengthening both numeracy literacy and ecological awareness within the community.

Keywords: environmental education, data, mathematics, waste management, Lemukutan Island community

PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah merupakan isu global yang terus menjadi tantangan bagi banyak negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan laporan United Nations Environment Programme (UNEP, 2023), dunia menghasilkan lebih dari 2 miliar ton sampah padat setiap tahun, dan sekitar 45% di antaranya tidak dikelola dengan baik. Di Indonesia, Badan Pusat Statistik (BPS, 2023) mencatat bahwa rata-rata produksi sampah rumah tangga mencapai lebih dari 190 ribu ton per hari, dengan sebagian besar berasal dari aktivitas rumah tangga. Sampah plastik menjadi penyumbang terbesar pencemaran lingkungan, khususnya di wilayah pesisir dan pulau kecil.

Permasalahan ini tidak hanya berdampak pada lingkungan fisik, tetapi juga pada kesehatan masyarakat dan ketahanan ekonomi daerah. Banyak masyarakat belum memiliki kebiasaan memilah dan mengolah sampah, bahkan sebagian besar masih membakar atau membuangnya ke sungai dan laut. Padahal, World Bank (2022) menegaskan bahwa solusi berkelanjutan terhadap permasalahan sampah tidak cukup hanya dengan penyediaan infrastruktur, melainkan juga harus diiringi dengan perubahan perilaku masyarakat berbasis pengetahuan dan data.

Kondisi tersebut juga terjadi di, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Sebagai kawasan wisata bahari, pulau ini menghadapi peningkatan volume sampah akibat aktivitas pariwisata dan konsumsi masyarakat. Minimnya sarana pengelolaan sampah serta rendahnya kesadaran ekologis menyebabkan sebagian besar warga masih membuang sampah ke laut atau membakarnya di sekitar pemukiman. Permasalahan ini mengancam kebersihan pantai dan menurunkan kualitas ekosistem laut yang menjadi sumber penghidupan masyarakat.

Penelitian Syafrudin dan Prasetyo (2019) menunjukkan bahwa pulau-pulau kecil di Indonesia menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan sampah karena keterbatasan sarana transportasi dan sistem pembuangan akhir. Masyarakat Pulau

Lemukutan, misalnya, belum terbiasa melakukan pemilahan dan pencatatan jumlah sampah yang dihasilkan setiap hari. Padahal, pendekatan berbasis data sederhana dapat menjadi langkah awal menuju kebijakan pengelolaan sampah yang berkelanjutan (Hidalgo-Crespo & López, 2024).

Untuk mengatasi persoalan tersebut, diperlukan strategi edukatif yang tidak hanya bersifat informatif tetapi juga partisipatif. Salah satu pendekatan yang inovatif adalah edukasi lingkungan berbasis data dengan memanfaatkan konsep matematika sederhana. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat mengenali dan menganalisis permasalahan lingkungan melalui angka dan perhitungan yang mereka hasilkan sendiri. OECD (2021) menekankan bahwa kemampuan *literasi numerasi* merupakan kompetensi esensial abad ke-21, karena membantu individu memahami dan memecahkan masalah nyata melalui penggunaan data dan logika matematis.

Dalam konteks pendidikan lingkungan, pendekatan berbasis numerasi dapat memperkuat kemampuan analitis masyarakat untuk memahami dampak aktivitasnya terhadap lingkungan. Menurut Fauzi dan Suhendra (2021), integrasi konteks lingkungan dalam pembelajaran numerasi terbukti meningkatkan kesadaran ekologis dan membangun kebiasaan berpikir kritis terhadap isu keberlanjutan. Selain itu, Rahmawati et al. (2020) juga menemukan bahwa edukasi berbasis data mampu mendorong perilaku pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan di masyarakat pesisir. Demikian pula, Fernández-Torres, Torres, dan Martínez (2020) menyatakan bahwa *experiential learning* atau pembelajaran berbasis pengalaman dapat menjembatani teori dan praktik dengan melibatkan peserta secara langsung dalam aktivitas nyata seperti pengukuran dan pencatatan data lingkungan.

Pendekatan yang digunakan dalam kegiatan ini berlandaskan pada *Participatory Action Research* (PAR), yang menempatkan masyarakat sebagai mitra aktif dalam setiap tahap kegiatan. He, Wang, dan Li (2024) menjelaskan bahwa PAR mampu meningkatkan *sense of ownership* terhadap masalah lingkungan, karena peserta turut berperan sejak identifikasi permasalahan hingga refleksi hasil. Selain itu, Srisathan, Limnirankul, dan Chaisiripornkul (2024)

menegaskan bahwa refleksi kolaboratif dalam PAR berperan penting dalam membangun kesadaran dan komitmen ekologis masyarakat.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang untuk memberikan edukasi lingkungan berbasis data kepada masyarakat Pulau Lemukutan melalui penerapan konsep matematika sederhana. Melalui kegiatan ini, masyarakat diharapkan mampu memahami, mengukur, dan menganalisis data sampah rumah tangga mereka secara mandiri, sekaligus mengembangkan kesadaran ekologis yang berkelanjutan. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi model pembelajaran kontekstual yang memperkuat literasi numerasi dan mendorong perubahan perilaku lingkungan pada masyarakat pesisir.

METODE

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam setiap tahapan proses. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan tindakan nyata dengan proses reflektif, sehingga menghasilkan pembelajaran kolaboratif antara tim pelaksana dan masyarakat.

Sasaran kegiatan ini adalah masyarakat Pulau Lemukutan, khususnya warga yang tinggal di sekitar kawasan pesisir yang memiliki peran penting dalam menjaga kebersihan lingkungan. Mitra kegiatan adalah Pemerintah Desa Lemukutan yang turut membantu dalam koordinasi peserta dan penyediaan lokasi kegiatan. Total peserta yang terlibat sebanyak 22 orang masyarakat desa Pulau Lemukutan. Kegiatan dilaksanakan pada November 2025, bertempat di Pulau Lemukutan, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat.

Secara keseluruhan, kegiatan dilaksanakan dalam tiga tahap utama, yaitu Perencanaan (*Planning*), Tindakan (*Action*), dan Refleksi (*Reflection*). Setiap tahap dirancang secara padat dan kolaboratif agar peserta tetap aktif berpartisipasi dan memperoleh pengalaman pembelajaran yang bermakna.

Tahap Perencanaan (*Planning*)

Pada tahap ini, tim pengabdian melakukan koordinasi awal dengan aparat Desa Lemukutan untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi

masyarakat terkait pengelolaan sampah rumah tangga. Proses ini dilakukan sebelum hari pelaksanaan melalui komunikasi daring dan survei singkat. Tahap ini memastikan kegiatan berjalan sesuai konteks lokal dan melibatkan masyarakat sejak awal perencanaan.

Tahap Tindakan (*Action*)

Tahap tindakan merupakan inti dari kegiatan, dilaksanakan dengan melakukan sosialisasi serta pelatihan kepada masyarakat pulau Lemukutan. Tahap ini menekankan pembelajaran berbasis pengalaman langsung (*experiential learning*), di mana peserta tidak hanya mendengarkan, tetapi juga mengukur, menghitung, dan menafsirkan data sampah yang mereka hasilkan sendiri. Pendekatan ini terbukti dapat meningkatkan kesadaran individu terhadap dampak perilaku konsumsi terhadap lingkungan (Breitenmoser, Steiner, & Schmutz, 2024).

Tahap Refleksi (*Reflection*)

Tahap refleksi dilakukan di akhir kegiatan untuk mengevaluasi pemahaman, perasaan, dan rencana tindak lanjut peserta setelah mengikuti pelatihan. Refleksi ini digunakan oleh tim pengabdian untuk menyusun rencana tindak lanjut. Di akhir kegiatan diberikan tes dan kuesioner kepuasan peserta terhadap materi dan pelaksanaan kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Pulau Lemukutan menunjukkan hasil yang positif terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta dalam mengelola sampah rumah tangga berbasis data. Kegiatan yang berlangsung selama satu hari berhasil menciptakan interaksi dua arah antara tim pelaksana dan masyarakat. Peserta terlihat antusias mengikuti setiap sesi, baik saat mendengarkan materi maupun ketika melakukan praktik langsung pengukuran dan analisis sampah rumah tangga. Kegiatan menunjukkan hasil yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan peserta dalam memahami dan menerapkan konsep matematika sederhana dalam pengelolaan sampah.

Tahap perencanaan dilakukan sebelum kegiatan melalui koordinasi dengan Kepala Desa Lemukutan dan tokoh masyarakat setempat. Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan awal, ditemukan beberapa masalah utama, antara lain: masyarakat belum memiliki kebiasaan memilah dan menimbang sampah rumah tangga, belum ada data kuantitatif mengenai jumlah sampah yang dihasilkan setiap hari, serta belum memahami bagaimana data dapat digunakan untuk merancang solusi lingkungan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, tim PKM melakukan sosialisasi dan edukasi lingkungan berbasis data melalui mengukur dan mengurai sampah dengan pendekatan matematika. Tahap ini dirancang secara kolaboratif agar masyarakat dapat terlibat sejak awal dalam menentukan bentuk kegiatan yang relevan. Keterlibatan aktif masyarakat dalam tahap ini sejalan dengan pandangan He, Wang, dan Li (2024) yang menegaskan bahwa pelibatan komunitas sejak tahap perencanaan merupakan inti dari PAR karena mampu membangun rasa memiliki (*sense of ownership*) dan meningkatkan keberlanjutan program.

Tahap tindakan merupakan inti dari kegiatan PKM dan dilaksanakan secara partisipatif di Balai Desa Lemukutan. Kegiatan dimulai dengan pembukaan resmi oleh Sekretaris Desa Lemukutan, yang menyampaikan apresiasi atas terselenggaranya kegiatan edukatif ini. Dalam sambutannya, beliau menegaskan pentingnya kesadaran kolektif warga terhadap kebersihan lingkungan serta pengelolaan sampah berbasis data agar Pulau Lemukutan tetap bersih dan lestari.

Dukungan dari pemerintah desa ini menjadi faktor penguat keterlibatan warga dalam mengikuti seluruh rangkaian kegiatan. Selain itu, keterlibatan perangkat desa dalam kegiatan juga berperan penting dalam keberlanjutan program. Hidalgo-Crespo dan López (2024) menegaskan bahwa keberhasilan program pengelolaan lingkungan di wilayah pulau kecil sangat bergantung pada kolaborasi antara komunitas lokal dan pemerintah desa dalam membangun sistem pemantauan berbasis data sederhana. Adapun dokumentasi pembukaan terlihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Pembukaan Kegiatan PKM

Setelah sesi pembukaan, kegiatan dilanjutkan dengan penyampaian materi utama oleh narasumber dari tim PKM. Materi disampaikan secara interaktif dan aplikatif agar mudah dipahami oleh peserta dari berbagai latar belakang. Pada awal sesi, narasumber menjelaskan tentang konsep dasar pengelolaan sampah rumah tangga dan tantangan yang dihadapi masyarakat pulau. Disampaikan pula penjelasan mengenai prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sebagai strategi sederhana untuk mengurangi sampah dari sumbernya. Setelah itu, narasumber mengaitkan topik lingkungan tersebut dengan peran data dan matematika dalam memahami masalah nyata. Peserta diajak berpikir tentang bagaimana mereka dapat menggunakan perhitungan matematis sederhana untuk menilai dan memperbaiki kebiasaan rumah tangga. Narasumber memberikan contoh-contoh perhitungan yang relevan, seperti menghitung rata-rata volume sampah setiap hari, menentukan persentase antara sampah organik dan anorganik. Rahmawati, Ningsih, dan Astuti (2020) menemukan bahwa penggunaan data sederhana dalam kegiatan pelatihan pengelolaan sampah mampu menumbuhkan kesadaran baru mengenai volume dan jenis sampah yang dihasilkan rumah tangga, serta mendorong kebiasaan pengurangan sampah dari sumbernya (*waste minimization*). Sesi penyampaian materi terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Sesi Penyampaian Materi

Pendekatan ini membuat peserta memahami bahwa matematika bukan hanya pelajaran abstrak di sekolah, tetapi juga alat berpikir praktis untuk mengelola kehidupan sehari-hari. Misalnya, peserta menghitung berapa kilogram sampah plastik yang dihasilkan dalam seminggu dan mendiskusikan cara mengurangnya. Narasumber juga menekankan bagaimana pencatatan data dapat menjadi dasar kebijakan kecil di rumah tangga, seperti menentukan jadwal pembuangan sampah dan upaya daur ulang. Dengan pendekatan ini, peserta menyadari bahwa matematika dapat digunakan sebagai alat berpikir praktis dalam memecahkan permasalahan lingkungan. Pendekatan ini mengimplementasikan masyarakat belajar melalui pengalaman nyata. Menurut Fernández-Torres, Torres, dan Martínez (2020), pembelajaran berbasis pengalaman meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan numerasi sekaligus memperkuat kesadaran ekologis. Mulyani dan Yuliani (2020) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis data empiris memberikan pengalaman konkret yang memudahkan masyarakat memahami hubungan antara aktivitas manusia dan kondisi lingkungan. Dalam konteks ini, peserta menjadi lebih memahami bahwa setiap sampah yang mereka hasilkan akan berdampak langsung terhadap ekosistem laut di sekitar mereka. Selain itu, Fauzi dan Suhendra (2021) menegaskan bahwa penerapan konteks

lingkungan dalam kegiatan literasi numerasi dapat menumbuhkan perilaku ramah lingkungan yang lebih konsisten.

Tahap refleksi dilakukan pada akhir kegiatan melalui diskusi terbuka antara tim PKM dan peserta. Dalam sesi ini, masyarakat diajak mengemukakan pendapat dan perasaan mereka setelah mengikuti pelatihan. Sebagian besar peserta mengaku baru memahami bahwa kegiatan sederhana seperti menimbang dan mencatat sampah dapat memberikan gambaran konkret tentang pola konsumsi rumah tangga.

Peserta menyadari pentingnya menggunakan data untuk mengambil keputusan kecil namun berdampak besar terhadap kebersihan lingkungan. Dari hasil refleksi ini, masyarakat menyepakati untuk melanjutkan kegiatan melalui pembentukan “Gerakan Lemukutan Bersih Data”, yaitu inisiatif lokal untuk mencatat dan melaporkan volume sampah rumah tangga secara berkala. Tahap refleksi ini sejalan dengan teori Srisathan, Limmirankul, dan Chaisiripornkul (2024) yang menegaskan bahwa proses refleksi dalam PAR membantu masyarakat menginternalisasi pengalaman, memperkuat kesadaran ekologis, dan menumbuhkan tindakan berkelanjutan.

Kegiatan ini juga memperlihatkan keberhasilan mengintegrasikan literasi numerasi dengan kesadaran ekologis. Nugroho dan Santoso (2023), penggunaan konteks nyata seperti pengelolaan sampah dapat menjadikan matematika lebih bermakna dan aplikatif dalam kehidupan sehari-hari. Tahapan ini juga mendukung temuan Rahmawati et al. (2020) yang menyebutkan bahwa edukasi berbasis data efektif dalam membangun kebiasaan pengelolaan sampah yang berkelanjutan di komunitas pesisir. Di akhir kegiatan, tim PKM juga memberikan angket kepada masyarakat desa Pulau Lemukutan untuk menilai pelaksanaan kegiatan yang dilakukan. Adapun hasil penilaian yang diberikan masyarakat desa Pulau Lemukutan terlihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Hasil Evaluasi Kepuasan Masyarakat Terhadap Kegiatan PKM

No	Aspek Penilaian	Skor Rata-rata (1–5)	Persentase Kepuasan (%)	Kategori
1	Kesesuaian materi dengan kebutuhan masyarakat	4,73	94,6%	Sangat Puas
2	Keterlibatan peserta selama kegiatan	4,68	93,6%	Sangat Puas
3	Keterampilan fasilitator dalam menyampaikan materi	4,82	96,4%	Sangat Puas
4	Manfaat kegiatan terhadap kesadaran lingkungan	4,77	95,4%	Sangat Puas
5	Kemampuan menerapkan hasil pelatihan di rumah	4,55	91,0%	Puas

Berdasarkan Tabel 1 terlihat rata-rata keseluruhan tingkat kepuasan masyarakat terhadap kegiatan PKM mencapai 94,2%, menunjukkan bahwa kegiatan ini dinilai sangat bermanfaat dan sesuai kebutuhan masyarakat. Tingginya tingkat kepuasan mengindikasikan keberhasilan kegiatan dalam menerapkan prinsip pembelajaran kontekstual berbasis literasi numerasi, sebagaimana diamanatkan dalam kebijakan Kemendikbudristek (2022). Tingkat kepuasan ini menunjukkan bahwa metode penyampaian yang interaktif dan kontekstual berhasil menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis dan praktik lapangan. Menurut Nugroho dan Santoso (2023), keberhasilan edukasi lingkungan tidak hanya diukur dari peningkatan pengetahuan, tetapi juga dari perubahan sikap, kepuasan, dan komitmen peserta terhadap isu keberlanjutan.

Selain itu, hasil pengukuran kemampuan awal (*pre-test*) menunjukkan bahwa hanya 27% peserta memahami cara mencatat volume sampah rumah

tangga secara sistematis. Setelah pelaksanaan kegiatan, hasil *post-test* menunjukkan peningkatan hingga 86% peserta yang mampu melakukan pengukuran dan analisis data sederhana. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam kemampuan literasi numerasi peserta.

Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis konteks nyata mampu memperkuat transfer konsep matematika ke situasi kehidupan sehari-hari. Santoso dan Wulandari (2022) menegaskan bahwa penerapan konteks lingkungan dalam kegiatan numerasi tidak hanya memperkuat kemampuan berpikir logis, tetapi juga menumbuhkan pemahaman mendalam tentang peran matematika sebagai alat analisis sosial. Selain itu, Lestari dan Anwar (2021) menjelaskan bahwa integrasi numerasi dengan masalah lokal dapat meningkatkan relevansi pembelajaran dan menumbuhkan minat belajar masyarakat terhadap isu lingkungan di sekitarnya.

Dengan demikian, pendekatan edukasi berbasis data dalam kegiatan ini terbukti tidak hanya meningkatkan kemampuan matematis, tetapi juga menumbuhkan *sense of responsibility* terhadap lingkungan melalui praktik analisis berbasis angka. Secara keseluruhan, hasil kegiatan menunjukkan bahwa pendekatan PAR yang dikombinasikan dengan edukasi matematika kontekstual berbasis data berhasil meningkatkan kemampuan analisis, kesadaran ekologis, dan partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan Pulau Lemukutan. Dengan demikian, kegiatan ini membuktikan bahwa edukasi berbasis data mampu mendorong perubahan perilaku lingkungan melalui pembelajaran yang bermakna dan partisipatif.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis data dan matematika mampu meningkatkan kesadaran ekologis serta literasi numerasi masyarakat pesisir Pulau Lemukutan. Terlihat hasil pengukuran kemampuan awal (*pre-test*) menunjukkan bahwa hanya 27% peserta memahami cara mencatat volume sampah rumah tangga secara sistematis. Setelah pelaksanaan kegiatan, hasil *post-test* menunjukkan peningkatan hingga 86% peserta yang mampu

melakukan pengukuran dan analisis data sederhana. Melalui metode *Participatory Action Research* (PAR), masyarakat tidak hanya menjadi objek pembelajaran tetapi juga mitra aktif dalam setiap tahapan. Keberhasilan kegiatan ini memberikan dasar untuk mengembangkan program serupa di wilayah pesisir lainnya, dengan tambahan aspek digitalisasi data guna memperkuat keberlanjutan dan dampak edukatifnya. Berdasarkan hasil kegiatan, disarankan agar program serupa dapat diperluas dengan melibatkan pemerintah daerah dan lembaga terkait guna mendukung penyediaan sarana pengelolaan sampah yang memadai. Selain itu, integrasi teknologi digital seperti aplikasi pencatatan data sampah perlu dikembangkan untuk mempermudah monitoring dan evaluasi secara berkelanjutan. Kegiatan edukasi juga sebaiknya dilakukan secara rutin dan berkesinambungan agar perubahan perilaku masyarakat dapat terjaga dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik lingkungan hidup Indonesia 2023*. Jakarta: BPS.
- Breitenmoser, M., Steiner, R., & Schmutz, S. (2024). Citizen science waste diary: Enhancing community awareness through participatory data collection on household waste. *Journal of Environmental Education Research*, 29(2), 115–128.
- Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Fauzi, A., & Suhendra, T. (2021). Integrating environmental contexts in numeracy learning to foster ecological awareness among communities. *Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*, 22(1), 55–66.
- Fernández-Torres, M. J., Torres, J. A., & Martínez, L. (2020). Experiential learning for sustainability education: Developing critical numeracy and environmental literacy. *Sustainability*, 12(9), 3825.
- He, X., Wang, Y., & Li, F. (2024). Participatory action research for community-based waste management: Building ownership and sustainable practices. *Journal of Cleaner Production*, 439, 141923.
- Hermawan, D., Lestari, N., & Wibowo, A. (2021). Implementasi participatory action research dalam penguatan kapasitas masyarakat pesisir. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkelanjutan*, 3(2), 55–62.

- Hidalgo-Crespo, D., & López, R. (2024). Data-driven approaches to sustainable waste management in island communities. *Ocean & Coastal Management*, 248, 107194.
- Kemendikbudristek. (2022). *Panduan pembelajaran berbasis literasi dan numerasi dalam konteks kehidupan nyata*. Direktorat Jenderal PAUD, Dikdas, dan Dikmen.
- Lestari, P., & Anwar, M. (2021). Penguatan literasi numerasi melalui konteks lokal di masyarakat pesisir. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 9(1), 45–52.
- Mulyani, S., & Yuliani, R. (2020). Community-based waste management education through data-driven learning. *Jurnal Pendidikan dan Lingkungan*, 9(1), 12–21.
- Nugroho, A., & Santoso, D. (2023). Mathematical literacy in environmental education: A strategy for sustainable behavior. *Jurnal Pendidikan Sains dan Lingkungan*, 12(3), 205–214.
- OECD. (2021). *PISA 2021 Mathematics Framework*. OECD Publishing.
- Rahmawati, D., Ningsih, S., & Astuti, R. (2020). Penerapan edukasi berbasis data dalam pengelolaan sampah rumah tangga di masyarakat pesisir. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains dan Pendidikan*, 4(2), 98–106.
- Santoso, B., & Wulandari, A. (2022). Experiential learning to promote mathematical literacy in environmental education. *Journal of Educational Action Research*, 6(2), 134–142.
- Srisathan, W. A., Limnirankul, B., & Chaisiripornkul, S. (2024). Community transformation through reflective participatory action research in environmental education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 25(3), 601–620.
- Syafrudin, S., & Prasetyo, H. (2019). Waste management challenges in small islands of Indonesia: A case study approach. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Development*, 8(2), 145–158.
- UNEP. (2023). *Global Waste Management Outlook 2023*. United Nations Environment Programme.
- World Bank. (2022). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.