Implementasi Ethno-STEAM Digital Toolkit: Optimalisasi Pembelajaran IPA dalam Mengkonstruksi Pemahaman Ketahanan Pangan Lokal

Hena Dian Ayu*, Choirul Huda, Sholihan, Maris Kurniawati, Akhmad Jufriadi, Nur Iskandar

Universitas PGRI Kanjuruhan Malang, Malang, Indonesia
*Penulis korespondensi, email: henadian@unikama.ac.id

https://doi.org/10.17977/2615-3122.006440

Riwayat artikel
Diajukan: 24 September 2026
Direvisi: 24 Oktober 2026
Diterima: 25 Oktober 2026
Diterbitkan: 26 Oktober 2026

Kata kunci
Digital Tool
Ethno-STEAM
Ketahanan Pangan
Madura

Abstrak
Ketahanan pangan lokal dan pelestarian warisan budaya menghadapi tantangan serius akibat pergeseran modernisasi agraris dan terkikisnya sistem pengetahuan adat di kalangan masyarakat perdesaan, khususnya di Kabupaten Pamekasan, Madura. Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan *Ethno-STEAM Digital Toolkit* guna mengoptimalkan pembelajaran sains serta memberdayakan guru dan komunitas lokal dalam mengkonstruksi pemahaman yang komprehensif mengenai ketahanan pangan berbasis kearifan lokal Madura (seperti teknik pengolahan pangan tradisional dan kearifan agrikultural lokal). Pengabdian ini menggunakan pendekatan *Participatory Action Research (PAR)* dan *Service-Learning*, dengan melibatkan 45 guru IPA dan pemangku kepentingan masyarakat di Pamekasan. Tahapan pelaksanaan meliputi asesmen kebutuhan, perancangan kolaboratif *digital toolkit* yang memadukan unsur *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dengan etnosains Madura (misalnya etnokimia dan etnofisika lokal), pendampingan lapangan, serta evaluasi. Pengumpulan data dilakukan melalui tes pemahaman (*pre-test* dan *post-test*), lembar observasi, serta angket respons. Peserta menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konseptual ketahanan pangan dan literasi sains (ditunjukkan oleh perolehan skor N-Gain 0,736; Kategori Tinggi). *Ethno-STEAM Digital Toolkit* terbukti efektif menjembatani pengetahuan adat Madura dengan pedagogi digital modern, serta menumbuhkan keterampilan pemecahan masalah kontekstual. Integrasi perangkat digital berbasis etnosains lokal memberikan model pemberdayaan yang aplikatif dan berkelanjutan dalam memperkuat literasi ketahanan pangan regional serta pelestarian budaya melalui jalur pendidikan.

1. Pendahuluan

Ketahanan pangan global (*global food security*) dewasa ini menghadapi tantangan multidimensi yang kompleks, mulai dari perubahan iklim ekstrem, tekanan geopolitik, hingga degradasi sistem produksi pangan tradisional (Cullen et al., 2015) . Dalam konteks Indonesia, ketahanan pangan tidak hanya bertumpu pada aspek ketersediaan dan distribusi makro, melainkan sangat bergantung pada ketahanan ekosistem pangan lokal yang berakar kuat di berbagai daerah. Namun, modernisasi agraris dan penetrasi digital yang masif sering kali mengabaikan kearifan lokal (*indigenous knowledge*) yang selama turun-temurun terbukti menjadi instrumen adaptasi ekologis masyarakat perdesaan (Hilmawan et al., 2023). Di Kabupaten Pamekasan, Madura, sistem agrikultur lokal, teknik pengolahan pangan tradisional (seperti fermentasi lokal dan pemanfaatan komoditas lokal khas Madura), serta pengetahuan ekologis masyarakat pesisir dan agraris menghadapi ancaman kepunahan akibat terputusnya transmisi antargenerasi. Pendidikan sains (*science education*) di sekolah memegang peran strategis dan transformatif dalam membekali peserta didik dengan pemikiran kritis berbasis sosio-saintifik (*socio-scientific issues*)(Van holland et al., 2025). Sayangnya, pembelajaran IPA di institusi pendidikan formal sering kali berlangsung secara reduksionis terisolasi dari realitas sosio-kultural dan ekologis lingkungan sekitar siswa. Akibatnya, peserta didik mengalamialienasi konseptual, mereka menguasai sains sebagai sekumpulan teori abstrak di dalam kelas, tetapi gagal menghubungkannya dengan solusi nyata atas krisis ketahanan pangan di komunitas lokal mereka sendiri. Oleh karena itu, diperlukan reorientasi pedagogis yang mampu mengawinkan sains modern dengan konteks lokal melalui pendekatan pembelajaran yang kontekstual dan bermakna.

Meskipun urgensi pengintegrasian etnosains ke dalam kurikulum sains telah banyak disuarakan dalam literatur mutakhir, tinjauan terhadap berbagai studi bereputasi menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan. Masih lemahnya integrasi antara sains modern, muatan budaya lokal (*ethnoscience*), dan perangkat digital interaktif dalam praktik pembelajaran IPA konvensional. Sebagian besar implementasi etnosains masih

© 2026 The Authors
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2615-3122

bersifat teoretis, manual, dan belum memanfaatkan ekosistem digital yang adaptif terhadap kebutuhan abad ke-21(Marufi et al., 2021). Selain itu keterbatasan ketersediaan perangkat digital (*digital tools*) yang secara spesifik dan sistematis mengangkat kearifan lokal pangan seperti teknik pengawetan tradisional, manajemen pertanian lokal berbasis kalender ekologi, maupun gastronomi berbasis sains juga menjadi pemasalahan. Kesenjangan ini diperparah oleh minimnya pelibatan masyarakat lokal dan pendidik dalam proses perancangan media, sehingga produk teknologi pembelajaran yang dihasilkan sering kali kurang responsif secara budaya (*culturally unresponsive*) dan menghadapi hambatan adopsi di tingkat akar rumput (Groutsis, 2024).

Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, program pengabdian kepada masyarakat ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa implementasi Ethno-STEAM Digital Toolkit sebagai mediasi pedagogis modern yang dirancang secara kolaboratif (*co-design*) bersama guru dan komunitas lokal di Kabupaten Pamekasan. Pendekatan ini memadukan kerangka kerja *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dengan kekayaan etnosains Madura(Ayu et al., 2025). Solusi yang ditawarkan berfokus pada integrasi elemen seni (*Arts*), teknologi digital interaktif, dan sains berbasis budaya lokal untuk membentuk pemahaman holistik. Melalui perangkat digital ini, konsep-konsep sains abstrak seperti termodinamika pangan, mikrobiologi fermentasi, dan ekologi pertanian diterjemahkan kedalam konteks kultural masyarakat Madura. Hal ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana optimalisasi pembelajaran IPA, tetapi juga sebagai strategi pemberdayaan masyarakat dalam mengkonstruksi pemahaman ketahanan pangan lokal yang berkelanjutan. Berdasarkan latar belakang, identifikasi kesenjangan literatur, dan solusi yang ditawarkan, program pengabdian dan intervensi ini adalah menjawab permasalahan mengenai tingkat validitas dan kepraktisan *Ethno-STEAM Digital Toolkit* yang dikembangkan bersama komunitas pendidik di Kabupaten Pamekasan dan mengetahui signifikansi peningkatan pemahaman konsep ketahanan pangan lokal dan literasi sains siswa melalui implementasi perangkat digital tersebut.

2. Metode



Gambar 1. Alur Kegiatan Pengabdian

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) yang diintegrasikan secara komprehensif dengan kerangka kerja *Service-Learning(Pedersen et al., 2022).* Alur metodologis tampak pada gambar 1. Diawali dengan pelaksanaan asesmen kebutuhan lapangan yang diiringi dengan identifikasi mendalam terhadap kearifan lokal pangan masyarakat Madura. Data empiris dan kultural dari fase diagnostik tersebut dijadikan landasan untuk melakukan perancangan kolaboratif (*co-design*) pengembangan *Ethno-STEAM Digital Toolkit*. Proses perancangan kolaboratif ini secara langsung melibatkan partisipasi aktif dari 45 guru IPA sebagai subjek inti pengabdian guna menjamin relevansi pedagogis dan kultural produk.

Memasuki tahapan evaluasi awal, partisipan diberikan instrumen *pre-test* untuk mengukur baseline pemahaman konseptual dan tingkat literasi sains sebelum intervensi diterapkan. Intervensi utama kemudian dieksekusi melalui implementasi lapangan yang difasilitasi dalam ruang interaksi *Learning Circles* serta diiringi dengan kegiatan pendampingan secara intensif. Sebagai instrumen evaluasi akhir dari efektivitas intervensi, seluruh peserta menyelesaikan *post-test* dan mengisi angket respons pengguna untuk mengukur tingkat praktikalitas perangkat digital yang telah diimplementasikan(Rahanyamtel et al., 2024).

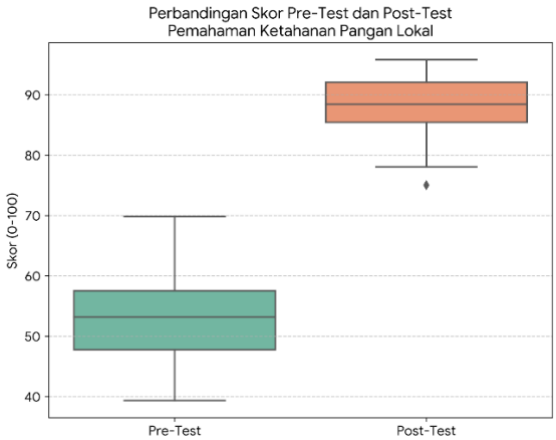
Pengolahan data hasil pengabdian dieksekusi melalui dua jalur analisis utama. Jalur pertama menggunakan analisis *Normalized Gain* (*N-Gain*) untuk menentukan signifikansi dan efektivitas peningkatan literasi sains peserta. Jalur kedua menerapkan analisis deskriptif kuantitatif yang dipadukan dengan analisis kualitatif partisipatif reflektif untuk mengevaluasi data kepraktisan dari angket serta mereduksi dinamika refleksi komunitas. Seluruh sintesis dari tahapan analisis data tersebut bermuara pada penarikan kesimpulan strategis dan perumusan langkah-langkah nyata untuk menjamin keberlanjutan program pengabdian.

© 2026 The Authors
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2615-3122

3. Hasil dan Pembahasan

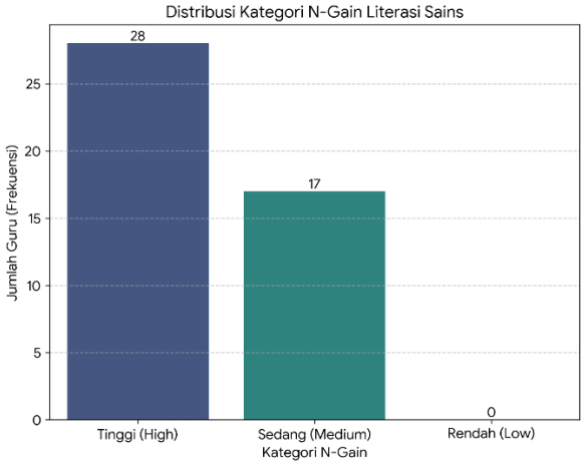
3.1. Hasil

Implementasi *Ethno-STEAM Digital Toolkit* dievaluasi efektivitasnya melalui pengukuran pemahaman konseptual ketahanan pangan lokal pada 45 guru IPA di Kabupaten Pamekasan, Madura. Analisis komparasi skor awal (*pre-test*) dan skor akhir (*post-test*) divisualisasikan pada Gambar 1, yang menunjukkan adanya pergeseran distribusi nilai yang sangat signifikan pasca-intervensi melalui *Learning Circles*.



Gambar 1. Distribusi Perbandingan Skor Pre-Test dan Post-Test Pemahaman Ketahanan Pangan Lokal

Berdasarkan analisis statistik deskriptif, rerata skor *pre-test* peserta berada pada angka 53,27 ($SD = 7{,}44$), yang mengindikasikan bahwa sebelum intervensi, pemahaman guru terkait integrasi kearifan lokal pangan Madura ke dalam sains modern masih belum optimal. Setelah penerapan *Ethno-STEAM Digital Toolkit*, rerata skor *post-test* melonjak tajam menjadi 88,09 ($SD = 4{,}66$). Untuk mengukur efektivitas peningkatan tersebut secara terkontrol, dilakukan uji *Normalized Gain* (*N*-Gain). Hasil komputasi menunjukkan perolehan rata-rata skor *N*-Gain sebesar 0,736, yang secara statistik masuk ke dalam kategori Tinggi ($g \geq 0{,}7$).

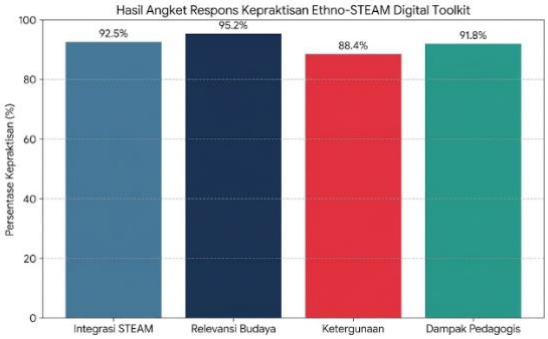


Gambar 2. Distribusi Kategori N-Gain Literasi Sains Guru IPA (N=45)

Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2, dari total 45 partisipan, sebanyak 28 guru (62,2%) mencapai kategori peningkatan "Tinggi", sementara 17 guru (37,8%) berada pada kategori "Sedang", dan tidak ada satupun partisipan (0%) yang berada di kategori "Rendah". Data ini secara empiris membuktikan bahwa perangkat digital ini memiliki daya ungkit kognitif yang kuat.

Selain dampak kognitif, kelayakan perangkat ini diukur melalui angket respons (*usability & practicality*) yang meninjau empat konstruksi utama: Integrasi STEAM, Relevansi Budaya (Etnosains), Ketergunaan (*Usability*), dan Dampak Pedagogis.

© 2026 The Authors
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2615-3122



Gambar 3. Persentase Kepraktisan Ethno-STEAM Digital Toolkit berdasarkan Konstruk Penilaian

Merujuk pada Gambar 3, respons tertinggi berada pada aspek Relevansi Budaya (95,2%), disusul oleh Integrasi STEAM (92,5%), Dampak Pedagogis (91,8%), dan Ketergunaan (88,4%). Angka empiris yang konsisten berada di atas 85% ini mengonfirmasi bahwa instrumen ini tidak hanya valid secara teoretis, tetapi juga sangat praktis dan diakui koherensinya oleh para praktisi pendidikan di lapangan.

3.2. Pembahasan

Peningkatan skor *N*-Gain yang signifikan (0,736) membuktikan bahwa *Ethno-STEAM Digital Toolkit* berhasil mereduksi "alienasi konseptual" yang selama ini terjadi dalam pembelajaran IPA konvensional (Keller et al., 2023; Kompar, 2018). Temuan ini sejalan dengan kerangka kerja sosio-saintifik abad 21 yang menekankan bahwa sains tidak boleh diajarkan dalam ruang hampa, melainkan harus dikontekstualisasikan. Dengan memadukan unsur teknologi digital interaktif dengan etnofisika dan etnokimia Madura (misalnya termodinamika pada pengawetan hasil laut atau fermentasi pangan lokal), materi yang abstrak menjadi termanifestasi secara konkret dan relevan dengan memori kolektif masyarakat Pamekasan.

Nilai tertinggi pada aspek Relevansi Budaya (95,2%) dalam angket kepraktisan memberikan implikasi teoritis yang krusial: bahwa pelestarian kearifan lokal (*indigenous knowledge*) dan adopsi pedagogi digital modern bukanlah dua kutub yang saling meniadakan (*mutually exclusive*). Justru, intervensi *co-design* bersama komunitas (PAR) telah mentransformasi guru dari sekadar 'konsumen kurikulum' menjadi 'kreator pengetahuan'(Jones et al., 2024). Pemahaman mendalam mengenai ketahanan pangan lokal kini memiliki wahana transmisi yang terstruktur (melalui modul digital), sehingga guru memiliki kapasitas penuh untuk mendesiminasikan nilai-nilai *eco-literacy* kepada siswa di sekolah masing-masing(Storksdieck, 2016). Secara praktis, model *Learning Circles* yang diterapkan terbukti efektif sebagai ekosistem diseminasi inovasi di daerah semi-urban dan perdesaan. Namun demikian, aspek *Ketergunaan/Usability* (88,4%), meskipun tinggi, menempati urutan terendah dari keempat aspek(Diansari et al., 2023). Berdasarkan analisis kualitatif reflektif, hal ini dipengaruhi oleh variansi literasi infrastruktur (stabilitas jaringan internet dan spesifikasi gawai) di beberapa pelosok Pamekasan. Oleh karena itu, pengembang peranti lunak pendidikan di masa depan perlu mempertimbangkan ketersediaan mode *offline* (*asynchronous*) agar ketahanan ekosistem *e-learning* tetap terjaga.

Implementasi program pengabdian berbasis *Ethno-STEAM Digital Toolkit* ini membuahkan implikasi multidimensi yang sangat signifikan secara teoretis, praktis, dan kebijakan. Secara teoretis, hasil pengabdian ini mengukuhkan paradigma *digital ethnopedagogy* dengan membuktikan secara empiris bahwa kearifan lokal Madura dapat disinergikan secara kohesif bersama pedagogi sains modern, yang secara efektif mampu mereduksi alienasi konseptual dalam pembelajaran IPA konvensional (Daragmeh & Dawwas, 2017; Nguyen, 2025). Secara praktis, pelibatan kolaboratif melalui pendekatan *co-design* berhasil mentransformasi kapasitas 45 guru IPA dari sekadar pelaksana kurikulum menjadi inovator pembelajaran yang responsif terhadap budaya, di mana kerangka *Learning Circles* terbukti valid sebagai ekosistem diseminasi pengetahuan yang efektif di kawasan perdesaan. Pada tataran makro, keberhasilan intervensi ini menawarkan cetak biru (*blueprint*) strategis bagi pemerintah daerah dan pemangku kebijakan pendidikan untuk merekonstruksi program pengembangan keprofesian berkelanjutan yang mampu mengakselerasi pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) secara holistik, khususnya pada persimpangan pilar pendidikan berkualitas dan penguatan ketahanan ekosistem pangan lokal (Ndawis et al., 2023).

Meskipun intervensi ini sukses menghasilkan peningkatan pemahaman konseptual yang terkategori tinggi (N-Gain 0,736), terdapat beberapa kekurangan esensial yang menuntut refleksi kritis dan tindak lanjut terukur bagi agenda pengabdian selanjutnya. Kekurangan fundamental terletak pada kerentanan operasional *toolkit* terhadap kesenjangan infrastruktur digital; hal ini terefleksi dari metrik ketergunaan (*usability*) yang menempati skor terendah (88,4%) akibat tingginya dependensi pada stabilitas jaringan internet dan variabilitas spesifikasi gawai di wilayah pelosok Pamekasan. Selain itu, konstrain demografis yang membatasi partisipasi pada 45 guru di dalam satu entitas kabupaten mengindikasikan perlunya replikasi program berskala

© 2026 The Authors
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2615-3122

multisenter guna menguji reliabilitas dan tingkat generalisasi instrumen pada ekologi sosio-kultural yang lebih heterogen. Lebih jauh, desain evaluasi saat ini yang bertumpu pada asesmen *cross-sectional* (prapelaksanaan dan pascapelaksanaan) menyebabkan ketiadaan data longitudinal, sehingga efektivitas keberlanjutan transfer literasi sains dan ekologi pangan dari guru kepada peserta didik di ruang kelas yang sesungguhnya masih memerlukan validasi melalui skema pendampingan jangka panjang di masa mendatang.

4. Simpulan

Pengabdian masyarakat melalui implementasi *Ethno-STEAM Digital Toolkit* terbukti secara empiris dan signifikan mampu mengoptimalkan pemahaman konseptual literasi ketahanan pangan lokal pada guru IPA di Kabupaten Pamekasan (N-Gain = 0,736; Kategori Tinggi). Produk ini dinilai sangat praktis dan relevan secara kultural (respons positif >88%), membuktikan keberhasilannya sebagai jembatan epistemologis antara sains modern dan kearifan lokal Madura. Model *Service-Learning* kolaboratif ini merepresentasikan cetak biru (*blueprint*) pedagogis yang aplikatif untuk direplikasi guna mendukung pencapaian kelestarian budaya dan pendidikan berkualitas secara holistik. Implementasi *Ethno-STEAM Digital Toolkit* di Kabupaten Pamekasan memberikan kontribusi multidimensi yang mengukuhkan paradigma *digital ethnopedagogy* dengan membuktikan bahwa kearifan lokal Madura dan sains modern dapat disinergikan secara optimal untuk memecahkan isu sosio-saintifik kompleks seperti ketahanan pangan. Secara praktis, pendekatan kolaboratif ini mentransformasi guru dari sekadar pelaksana kurikulum menjadi perancang pembelajaran yang mampu mengoperasikan instrumen digital secara *scalable* guna menjembatani kesenjangan literasi di wilayah perdesaan. Keberhasilan program ini merepresentasikan cetak biru strategis bagi pemangku kebijakan dalam merancang pengembangan keprofesian berkelanjutan berbasis komunitas yang terbukti secara langsung mengakselerasi pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) pada pilar pendidikan berkualitas dan ketahanan pangan, sekaligus melestarikan warisan budaya takbenda secara berkelanjutan.

Kontribusi Penulis

Hena Dian Ayu: Konseptualisasi, Metodologi, Administrasi Proyek, dan Supervisi. Mengonstruksi desain *Participatory Action Research* (PAR) dan kerangka integrasi etnosains, serta memimpin keseluruhan program pengabdian; Choirul Huda: Analisis Formal, Penulisan (Reviu & Penyuntingan), dan Validasi. Melakukan komputasi statistik, serta menyunting substansi naskah secara kritis sesuai standar publikasi bereputasi; Sholihan: Penyelidikan, Kurasi Data, dan Sumber Daya; Maris Kurniawati: Mengoordinasikan asesmen lapangan, memfasilitasi kolaborasi dengan 45 guru IPA dan tokoh masyarakat Pamekasan, Akhmad Jufriadi: Penulisan draf serta menginventarisasi data etnografis pangan lokal Madura; Nur Iskandar: Mengembangkan sistem *Ethno-STEAM Digital Toolkit*, menyusun visualisasi modul, serta melaksanakan uji validitas media.

Pendanaan

Program pengabdian dan penulisan artikel ini didanai olah Direktorat Pembelajaran, Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Universitas PGRI Kanjuruhan Malang (UNIKAMA).

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

Deklarasi Penggunaan AI

Penulis menyatakan tidak menggunakan AI atau alat berbantuan AI dalam penyusunan naskah ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Pembelajaran, Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Universitas PGRI Kanjuruhan Malang (UNIKAMA) atas dukungan pendanaan penuh terhadap pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat dan penulisan artikel ini.

Daftar Rujukan

Ayu, H. D., Damayanti, I., & Sundaygara, C. (2025). Exploration of thermodynamics concept of Madura Klampar written batik: Integration of culture and STEAM-based education. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika, 9*(1), 128–143. https://doi.org/10.20527/jipf.v9i1.14746

Cullen, T., Hatch, J., Martin, W., Higgins, J. W., & Sheppard, R. (2015). Food literacy: Definition and framework for action. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research, 76*(3), 140–145. https://doi.org/10.3148/cjdpr-2015-010

Daragmeh, A. K., & Dawwas, E. B. (2017). Education for citizenship: Measuring the impact on learners of the community-based learning program in Palestine. *Journal of Pedagogic Development, 7*(2).

© 2026 The Authors
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2615-3122

Diansari, R. E., Musah, A. A., & Binti Othman, J. (2023). Factors affecting village fund management accountability in Indonesia: The moderating role of prosocial behaviour. *Cogent Business & Management, 10*(2), Article 2219424. https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2219424

Groutsis, D. (2024). The state of play of ethno-racial representation on boards: A comparative analysis. *European Management Journal, 42*(3), 281–287. https://doi.org/10.1016/j.emj.2023.09.001

Hilmawan, R., Aprianti, Y., Vo, D. T. H., Yudaruddin, R., Bintoro, R. F. A., Fitrianto, Y., & Wahyuningsih, N. (2023). Rural development from village funds, village-owned enterprises, and village original income. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 9*(4), Article 100159. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100159

Jones, E. O., Ankuyi, F., Tham-Agyekum, E. K., Moorsom, T. L., Alademerin, E., Whitfield, S., & Nyaaba, C. (2025). Indigenous knowledge management: A catalyst for food security among Ghanaian yam farmers during COVID-19. *Knowledge Management Research & Practice, 23*(6), 664–676. https://doi.org/10.1080/14778238.2024.2406872tandfonline.com

Keller, L., Michelsen, G., Dür, M., Bachri, S., & Zint, M. (Eds.). (2023). *Digitalization, new media, and education for sustainable development*. IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5033-5

Kompar, F. (2018). "Mile deep" digital tools. *Teacher Librarian*.

Marufi, Ilyas, M., Winahyu, & Ikram, M. (2021). An implementation of Ethno-STEM to enhance conceptual understanding. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika, 12*(1), 35–44. https://doi.org/10.24042/ajpm.v12i1.7834

Ndawis, Y., Pratiwi, H. Y., & Ayu, H. D. (2023). Meningkatkan prestasi belajar dan literasi lingkungan pada topik energi melalui model discovery learning terintegrasi SDGs. *RAINSTEK: Jurnal Terapan Sains dan Teknologi, 5*(3), 190–199. https://doi.org/10.21067/jtst.v5i3.9259

Nguyen, A. Q. (2025). Pedagogical approaches in STEAM education. In S. K. Behera, A. Sorayyaei Azar, S. Curle, & J. Gaoat Dials (Eds.), *Transformative approaches to STEAM integration in modern education* (pp. 53–78). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7408-5.ch003

Pedersen, M., Wood, G. E. R., Fernes, P. K., Goldman Rosas, L., Banchoff, A., & King, A. C. (2022). The "Our Voice" method: Participatory action citizen science research to advance behavioral health and health equity outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(22), Article 14773. https://doi.org/10.3390/ijerph192214773

Rahanyamtel, M. Y., Pinoa, W. S., & Manakane, S. E. (2024). The influence of environmental pollution knowledge on the behavior of using single-use plastic items among students of the Faculty of Teacher Training and Education, Pattimura University, Ambon. *Jurnal Pendidikan Geografi Unpatti, 3*(1), 120–135. https://doi.org/10.30598/jpguvol3iss1pp120-135

Storksdieck, M. (2016). Critical information literacy as core skill for lifelong STEM learning in the 21st century: Reflections on the desirability and feasibility for widespread science media education. *Cultural Studies of Science Education, 11*(1), 167–182. https://doi.org/10.1007/s11422-015-9714-4

van Holland, B. J., Schuling, R., Jepkema, N., Doueiri, Z. N., King, A. C., & de Jong, J. (2025). Leveraging citizen science to improve exercise-friendliness in a low socio-economic status neighborhood: A first-generation study of the co-development of walking routes in the Netherlands. *Citizen Science: Theory and Practice, 10*(1), Article 27. https://doi.org/10.5334/cstp.820 the University of Groningen research portal

© 2026 The Authors
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2615-3122