

A Systematic Literature Review of Environmental Education Strategies in Reducing *Aedes* sp Populations through Natural Attractant-Based Trapping

A. Bida Purnamasari^{1*}, Yuliyanti Setiawati², Erma Suryani Sahabuddin³

¹Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Patompo, Makassar, Indonesia;

²Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Baramuli Pinrang, Sulawesi Selatan, Indonesia;

³Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Universitas Negeri Makassar, Indonesia;

Article History

Received : November 14th, 2025

Revised : November 19th, 2025

Accepted : November 24th, 2025

*Corresponding Author: **A. Bida Purnamasari**, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Patompo, Makassar, Indonesia;
Email: bidapurnamasari@gmail.com

Abstract: Increasing population density in Indonesia, unmanaged urbanization, and climate change have created ideal conditions for the proliferation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. Controlling the *Aedes* sp. mosquito population is not only a health issue, but also a complex ecological and social issue, requiring an integrated strategy involving science, technology, and public education. This study is a Systematic Literature Review (SLR) that aims to examine educational strategies, their roles, and future development directions for *Aedes* sp. control. The study was conducted following PRISMA guidelines using the Scopus database for the period 2015–2025. A total of 30 articles were identified, 18 of which met the inclusion criteria and were analyzed thematically to identify patterns, effectiveness, and contributions of educational strategies to changes in people's ecological behavior. The results of the study indicate that school-based educational strategies, community training, public campaigns, and citizen science approaches play a significant role in increasing environmental literacy, social participation, and individual and group ecological responsibility. The integration of local culture and sustainable education policies strengthen the program's success by ensuring broader social acceptance. Existing research remains fragmented and has not fully integrated the dimensions of education, ecology, and public health. Therefore, future research is recommended to develop a transdisciplinary approach through collaboration between educational institutions, government, and local communities to create an adaptive, evidence-based, and sustainable vector control system.

Keywords: *Aedes* sp., environmental education, natural attractants, systematic literature review.

Pendahuluan

Penyakit yang ditularkan oleh *Aedes* sp, seperti demam berdarah dengue, chikungunya, dan zika, terus menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat di seluruh dunia (Yalwala *et al.*, 2015). Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa kasus demam berdarah meningkat lebih dari sepuluh kali lipat dalam dua dekade terakhir, dengan kawasan tropis dan subtropis sebagai wilayah paling terdampak (Knapp *et al.*, 2018). Peningkatan kepadatan penduduk di Indonesia, urbanisasi yang tidak terkelola, serta

perubahan iklim telah menciptakan kondisi ideal bagi perkembangbiakan *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* (Widyanto *et al.*, 2023). Kondisi lingkungan yang lembap, genangan air, dan rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan lingkungan turut memperburuk situasi ini (Sissoko *et al.*, 2019). Pengendalian populasi nyamuk *Aedes* sp. tidak hanya menjadi persoalan kesehatan, tetapi juga persoalan ekologis dan sosial yang kompleks, menuntut strategi penanganan yang terintegrasi antara sains, teknologi, dan edukasi masyarakat.

Upaya pengendalian populasi *Aedes*

sp selama ini masih didominasi oleh pendekatan kimiawi seperti fogging, larvasidasi, dan penggunaan insektisida sintetik (Paiz-Moscoso *et al.*, 2023). Efektivitas metode tersebut bersifat sementara dan menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan (Aguilar-Durán *et al.*, 2024). Penggunaan insektisida dalam jangka panjang menyebabkan resistensi pada populasi nyamuk serta mengganggu keseimbangan ekosistem dengan membunuh organisme non-target.

Ketergantungan masyarakat pada intervensi pemerintah melalui fogging sering kali menurunkan partisipasi aktif warga dalam menjaga kebersihan lingkungan (Poulin *et al.*, 2017). Pendekatan ini membutuhkan biaya operasional tinggi dan tidak memberikan solusi berkelanjutan dalam jangka panjang. Inovasi pengendalian vektor yang lebih ramah lingkungan, partisipatif, dan edukatif dibutuhkan agar mampu mengintegrasikan pengetahuan ekologis dan kesadaran masyarakat sebagai bagian dari strategi pencegahan yang berkelanjutan (van de Vossenbergh *et al.*, 2015).

Sebagai respon terhadap keterbatasan metode kimiawi, muncul berbagai inovasi berbasis ekologi yang menekankan prinsip keberlanjutan dan keamanan lingkungan, salah satunya melalui penggunaan perangkap nyamuk (*trapping*) yang dikombinasikan dengan atraktan alami (Ridha *et al.*, 2023). Atraktan alami merupakan bahan organik yang mengeluarkan senyawa volatil dan bahan rumah tangga, yang mampu menarik nyamuk betina untuk bertelur atau mendekat ke perangkap (Chen *et al.*, 2023). Pendekatan ini terbukti lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan dapat dibuat menggunakan sumber daya lokal, sehingga mudah diterapkan di tingkat komunitas. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perangkap dengan atraktan berbasis fermentasi air gula, ragi, atau jerami efektif menurunkan populasi *Aedes aegypti* di lingkungan perkotaan (Akhoundi *et al.*, 2018). Strategi ini juga membuka peluang besar untuk integrasi dengan program edukasi lingkungan dengan masyarakat, tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga aktor utama dalam proses pengendalian vektor melalui partisipasi dan pembelajaran langsung.

Edukasi lingkungan memiliki peran strategis dalam membangun kesadaran dan mengubah perilaku masyarakat terhadap pentingnya pengendalian populasi *Aedes sp* secara berkelanjutan (Bansal *et al.*, 2024). Melalui pendekatan pendidikan yang kontekstual, masyarakat dapat memahami hubungan antara perilaku manusia, kondisi lingkungan, dan peningkatan risiko penyakit berbasis vektor (Arslan, 2012). Program pendidikan lingkungan dapat menjadi sarana pemberdayaan komunitas, terutama di wilayah endemis, melalui kegiatan kolaboratif antara sekolah, masyarakat, dan lembaga kesehatan (Liu, 2019). Edukasi lingkungan tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai instrumen transformasi sosial yang memperkuat rasa tanggung jawab kolektif terhadap kesehatan lingkungan (Muhdhar *et al.*, 2021; Sulisetijono *et al.*, 2024). Pendekatan ini menjadikan masyarakat bukan sekadar objek intervensi, melainkan subjek aktif dalam upaya pencegahan dan pengendalian vektor penyakit secara mandiri dan berkelanjutan.

Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas penggunaan atraktan alami dan perangkap ramah lingkungan dalam menurunkan populasi *Aedes sp*, sebagian besar kajian tersebut masih berfokus pada aspek teknis dan biologis semata. Kajian yang mengintegrasikan dimensi edukasi lingkungan dalam konteks penerapan teknologi sederhana tersebut masih sangat terbatas. Keberhasilan implementasi strategi pengendalian berbasis ekologi sangat bergantung pada pemahaman, partisipasi, dan perubahan perilaku Masyarakat (Kaya, 2013). Belum banyak penelitian yang secara komprehensif memetakan program edukasi lingkungan mampu memperkuat efektivitas perangkap berbasis atraktan alami, baik dalam konteks pembelajaran formal di sekolah maupun program pemberdayaan masyarakat.

Kesenjangan ini menunjukkan perlunya tinjauan sistematis lintas disiplin yang menggabungkan perspektif pendidikan, ekologi, dan kesehatan masyarakat untuk memperoleh pemahaman yang lebih utuh mengenai faktor-faktor keberhasilan dan tantangan implementasi. Oleh karena itu, kajian sistematis ini disusun untuk

menganalisis bukti-bukti empiris yang ada, mengidentifikasi pola dan strategi edukatif yang efektif, serta memberikan arah baru bagi pengembangan pendekatan pengendalian vektor yang berkelanjutan dan berbasis literasi lingkungan.

Bahan dan Metode

Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang disusun berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Grimshaw *et al.*, 2021; Hardianto *et al.*, 2024). Pendekatan ini dipilih untuk menelaah secara komprehensif hasil-hasil penelitian yang membahas strategi edukasi lingkungan dalam pengendalian populasi *Aedes* sp melalui penerapan perangkat berbasis atraktan alami. Proses kajian dilakukan melalui tahapan yang terstruktur, meliputi identifikasi artikel, penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, penilaian kelayakan, serta sintesis hasil dari artikel yang relevan. Penelitian diharapkan mampu menghadirkan analisis yang objektif, transparan, dan dapat direplikasi untuk memperkuat basis ilmiah pengembangan strategi edukasi lingkungan dalam konteks pengendalian vektor berbasis ekologi.

Sumber data dan strategi pencarian

Sumber data utama penelitian ini berasal dari database *Scopus*, yang dipilih karena memiliki cakupan luas terhadap publikasi ilmiah bereputasi internasional di bidang sains lingkungan, biologi, kesehatan masyarakat, dan pendidikan. Strategi pencarian dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang dirancang secara spesifik untuk menjangkau artikel yang relevan dengan tema penelitian. String pencarian yang digunakan adalah:

("Aedes aegypti") AND (trap* OR "mosquito trap*") AND (effectiveness OR performance) AND (environment* OR "ecological factor*" OR "microhabitat*"). Pencarian dilakukan pada rentang tahun 2015 hingga 2025, dengan pembatasan pada artikel berbahasa Inggris agar memudahkan analisis komparatif dan menghindari bias linguistik. Proses pencarian dilakukan pada bulan Oktober 2025 dan menghasilkan 30 artikel awal (n = 30). Seluruh

hasil pencarian kemudian diekspor dalam format bibliografis untuk dilakukan proses penyaringan lebih lanjut. Strategi ini memastikan bahwa artikel yang dipilih benar-benar relevan dengan fokus kajian, yaitu integrasi antara edukasi lingkungan, atraktan alami, dan inovasi perangkat dalam pengendalian populasi *Aedes* sp.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Proses seleksi artikel dilakukan dengan menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat untuk memastikan bahwa hanya penelitian yang relevan dan berkualitas tinggi yang dianalisis dalam kajian ini. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris; (2) diterbitkan dalam kurun waktu 2015 hingga 2025 untuk menjamin kebaruan informasi; (3) tersedia dalam bentuk akses terbuka (*open access*) sehingga dapat diakses dan dianalisis secara penuh; (4) relevan dengan tema edukasi lingkungan, atraktan alami, atau strategi perangkat nyamuk dalam pengendalian populasi sp; serta (5) memiliki data empiris atau hasil penelitian yang terukur.

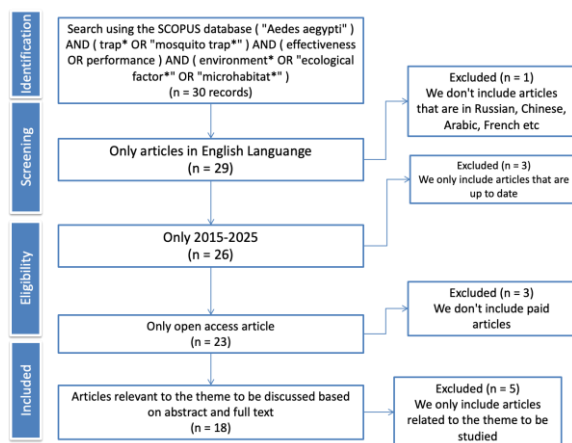
Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup: (1) artikel yang ditulis dalam bahasa selain Inggris seperti Rusia, Arab, atau Mandarin; (2) publikasi yang terbit sebelum tahun 2015; (3) artikel yang berbayar (*paid access*); (4) tulisan yang tidak berkaitan langsung dengan tema penelitian, misalnya fokus pada aspek klinis penyakit tanpa kaitan dengan pengendalian vektor; dan (5) jenis publikasi non-empiris seperti editorial, opini, atau ringkasan konferensi yang tidak memuat data penelitian. Penerapan kriteria ini bertujuan untuk menjaga konsistensi dan validitas analisis, sekaligus memastikan bahwa artikel yang tersisa memiliki relevansi yang kuat dengan fokus kajian tentang peran edukasi lingkungan dan inovasi atraktan alami dalam pengendalian populasi *Aedes* sp.

Prosedur Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel dalam penelitian ini mengikuti tahapan PRISMA) yang terdiri atas empat tahap utama: identification, screening, eligibility, dan included. Pada tahap identification, dilakukan pencarian awal menggunakan database SCOPUS dengan kombinasi kata kunci yang telah ditetapkan, menghasilkan 30 artikel awal (n = 30).

Selanjutnya, pada tahap screening, artikel diseleksi berdasarkan bahasa publikasi, dan hanya artikel berbahasa Inggris yang dipertahankan (n = 29), sementara satu artikel berbahasa non-Inggris dikeluarkan. Tahap berikutnya adalah eligibility, di mana penyaringan dilakukan berdasarkan tahun publikasi (2015–2025) untuk memastikan kebaruan data. Dari proses ini, tiga artikel yang terbit sebelum tahun 2015 dikeluarkan, sehingga tersisa 26 artikel.

Artikel kemudian difilter kembali berdasarkan status akses, dan hanya artikel open access yang dipertahankan (n = 23), dengan tiga artikel berbayar dikeluarkan. Tahap terakhir adalah *included*, yaitu pemilihan artikel yang paling relevan dengan topik kajian berdasarkan penilaian abstrak dan teks penuh. Dari 23 artikel, lima di antaranya dikeluarkan karena tidak memiliki keterkaitan langsung dengan tema edukasi lingkungan atau penggunaan atraktan alami, sehingga tersisa 18 artikel akhir (n = 18) yang digunakan dalam analisis dan sintesis data. Seluruh proses seleksi ini didokumentasikan secara transparan dalam diagram PRISMA flowchart untuk menjamin keterlacakan, akurasi, dan replikasi proses penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram PRISMA

Ekstraksi dan Analisis Data

Setelah proses seleksi artikel selesai, tahap berikutnya adalah ekstraksi dan analisis data yang dilakukan secara sistematis untuk mengidentifikasi pola, temuan utama, serta hubungan antarvariabel yang relevan dengan fokus kajian. Setiap artikel yang lolos tahap inklusi diekstraksi menggunakan lembar kerja sintesis data yang memuat informasi penting

seperti: (1) judul dan nama penulis, (2) tahun publikasi, (3) negara atau konteks penelitian, (4) tujuan dan pendekatan penelitian, (5) jenis perangkat dan atraktan alami yang digunakan, (6) strategi edukasi lingkungan yang diterapkan, (7) hasil utama terkait efektivitas dan partisipasi masyarakat, serta (8) rekomendasi atau implikasi terhadap kebijakan pendidikan dan lingkungan. Proses ekstraksi dilakukan secara manual dan diverifikasi oleh dua orang ahli di bidang pendidikan lingkungan untuk meminimalkan bias interpretasi. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi kecenderungan hasil penelitian, kesenjangan konseptual, serta potensi pengembangan model edukatif-eksperimental yang mendukung pengendalian *Aedes* sp berbasis partisipasi komunitas. Hasil sintesis kemudian disajikan dalam bentuk narasi analitis dan tabel tematik untuk memperjelas keterkaitan antara dimensi edukasi, ekologi, dan inovasi teknologi ramah lingkungan.

Hasil dan Pembahasan

Strategi Edukasi Lingkungan dalam Pengendalian Populasi *Aedes* sp

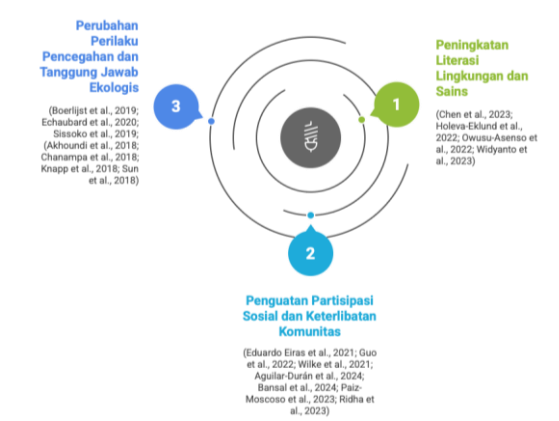
Hasil sintesis terhadap 18 artikel menunjukkan bahwa berbagai strategi edukasi lingkungan telah diterapkan secara efektif dalam program pengendalian *Aedes* sp (Tabel 1). Pendekatan yang paling dominan adalah edukasi berbasis sekolah dan kurikulum yaitu pembelajaran kontekstual seperti *project-based learning* dan *experiential learning* terbukti meningkatkan literasi ekologi siswa melalui praktik langsung pembuatan perangkat alami. Pelatihan komunitas dan partisipasi masyarakat berperan penting dalam mendorong perubahan perilaku kolektif melalui kegiatan pelatihan dan pemberdayaan warga. Strategi kampanye publik dan aksi digital memperluas jangkauan edukasi dengan melibatkan generasi muda melalui media sosial dan kegiatan ilmiah. Edukasi di dalam rumah tangga dan pendekatan *citizen science* berhasil menumbuhkan tanggung jawab ekologis individu dan keluarga dalam pemantauan populasi nyamuk. Terakhir, integrasi budaya lokal dan kebijakan berkelanjutan menjadi faktor penguat yang memastikan keberlanjutan program dengan menyesuaikan praktik edukatif terhadap konteks sosial dan budaya setempat.

Tabel 1. Ringkasan Strategi Edukasi Lingkungan dalam Pengendalian *Aedes sp*

No.	Kategori Strategi Edukasi Lingkungan	Deskripsi Inti	Artikel Pendukung
1	Edukasi Berbasis Sekolah dan Kurikulum	Integrasi topik pengendalian vektor ke dalam kurikulum biologi dan pembelajaran kontekstual seperti <i>Project-Based Learning</i> (PBL) dan <i>experiential learning</i> . Siswa membuat perangkap alami dan memantau hasilnya sebagai bagian dari proyek sains.	(Aguilar-Durán et al., 2024; Bansal et al., 2024; Paiz-Moscoso et al., 2023; Ridha et al., 2023)
2	Pelatihan Komunitas dan Partisipasi Masyarakat	Workshop, pelatihan, dan kegiatan pemberdayaan warga untuk pembuatan dan penggunaan perangkap berbasis atraktan alami. Fokus pada peningkatan literasi lingkungan dan perubahan perilaku masyarakat.	(Chen et al., 2023; Holeva-Eklund et al., 2022; Owusu-Asenso et al., 2022; Widyanto et al., 2023)
3	Kampanye Publik dan Aksi Digital	Edukasi lingkungan melalui media massa, sosial media, poster, serta kegiatan <i>youth science action</i> . Strategi ini memperluas jangkauan pesan dan melibatkan generasi muda dalam aksi ilmiah lingkungan.	(Eduardo Eiras et al., 2021; X. Guo et al., 2022; Wilke et al., 2021)
4	Edukasi Rumah Tangga dan <i>Citizen Science</i>	Pendekatan berbasis rumah tangga, kunjungan lapangan, dan pelibatan warga dalam pemantauan populasi nyamuk (<i>citizen science</i>). Bertujuan meningkatkan tanggung jawab ekologis individu dan keluarga.	(Boerlijst et al., 2019; Echaubard et al., 2020; Sissoko et al., 2019)
5	Integrasi Budaya Lokal dan Kebijakan Berkelanjutan	Pemanfaatan kearifan lokal dalam pembuatan atraktan alami dan pengembangan kebijakan pendidikan lingkungan berbasis konteks lokal serta kurikulum nasional.	(Akhoundi et al., 2018; Chanampa et al., 2018; Knapp et al., 2018; Sun et al., 2018)

Peran strategi edukasi lingkungan terhadap literasi, partisipasi, dan perilaku masyarakat

Berdasarkan hasil sintesis terhadap 21 artikel yang dikaji, strategi edukasi lingkungan tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga berperan penting dalam membentuk kesadaran ekologis dan perilaku preventif masyarakat terhadap penyakit berbasis vektor.



Gambar 2. Peran Strategis Edukasi Lingkungan

Berbagai pendekatan edukatif, baik yang diterapkan di sekolah, komunitas, maupun rumah tangga,

menunjukkan dampak positif yang nyata terhadap peningkatan literasi sains, partisipasi sosial, dan tanggung jawab ekologis. Secara umum, intervensi pendidikan yang dirancang secara kontekstual dan partisipatif terbukti lebih efektif dalam menumbuhkan pemahaman holistik tentang hubungan antara lingkungan dan kesehatan, sekaligus mendorong keterlibatan aktif masyarakat dalam pengendalian *Aedes sp*. Adapun peran strategis edukasi lingkungan tersebut disajikan dalam Gambar 2.

Peta Kesenjangan Penelitian dan Arah Integrasi Antardisiplin

Hasil sintesis temuan dari berbagai artikel, diperoleh gambaran bahwa perkembangan riset mengenai edukasi lingkungan dan pengendalian *Aedes sp* masih menunjukkan pola yang terfragmentasi (*siloed*) di antara bidang pendidikan, ekologi, dan kesehatan masyarakat. Sebagian besar penelitian masih berdiri sendiri dalam ruang lingkup disiplin masing-masing tanpa membangun jembatan kolaboratif yang kuat. Beberapa studi lebih menekankan aspek teknis efektivitas perangkap, sementara yang lain fokus pada peningkatan pengetahuan atau partisipasi

masyarakat tanpa mengintegrasikan ketiganya secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan upaya menuju pendekatan yang lebih terpadu (*integrated*), dengan pengembangan indikator yang terukur, pemanfaatan teknologi digital, eksplorasi

kearifan lokal, dan integrasi lintas disiplin dapat bersinergi untuk menghasilkan strategi pengendalian vektor yang berkelanjutan. Peta kesenjangan penelitian dan arah integrasi tersebut digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kesenjangan Penelitian dan Arah Integrasi Antardisiplin dalam Pengendalian *Aedes sp.*

Pembahasan

Integrasi edukasi lingkungan dalam program pengendalian *Aedes sp* telah menjadi landasan penting dalam membangun kesadaran ekologis dan memperkuat efektivitas upaya pengendalian vektor berbasis masyarakat. Perubahan perilaku lingkungan harus diawali dengan peningkatan pemahaman dan pengalaman belajar yang bermakna (Muharni *et al.*, 2025). Penerapan edukasi berbasis sekolah dan kurikulum, seperti *Project-Based Learning* dan *experiential learning* membuat siswa terlibat langsung dalam pembuatan serta pengujian perangkat alami sehingga pengetahuan yang diperoleh lebih kontekstual dan berorientasi pada solusi. Hasilnya, kemampuan berpikir ilmiah dan literasi ekologi meningkat seiring dengan tumbuhnya kesadaran tentang keterkaitan antara perilaku manusia dan dinamika ekosistem. Pelatihan komunitas dan partisipasi masyarakat memainkan peran kunci dalam memperluas dampak edukatif di luar ruang kelas melalui kegiatan pemberdayaan, pelatihan pembuatan atraktan alami, dan workshop lingkungan (Holeva-Eklund *et al.*, 2022).

Pendekatan ini sejalan dengan kerangka *Community-Based Environmental Education* (CBEE) yang menekankan pentingnya pembelajaran kolaboratif antarwarga dalam membangun perilaku ekologis kolektif dan tanggung jawab sosial terhadap pengendalian penyakit berbasis vektor (Owusu-Asenso *et al.*, 2022).

Strategi kampanye publik dan aksi digital memiliki peran penting dalam memperluas jangkauan edukasi lingkungan serta mempercepat adopsi perilaku ramah lingkungan di masyarakat. Melalui pemanfaatan media sosial, kampanye visual, dan kegiatan *youth science action*, masyarakat khususnya generasi muda menjadi lebih sadar akan pentingnya pencegahan penyakit berbasis vektor dan terlibat langsung dalam aksi ilmiah berbasis komunitas (Eduardo Eiras *et al.*, 2021). Inovasi lingkungan akan lebih cepat diterima ketika disebarluaskan melalui jejaring sosial dan komunikasi digital yang efektif (Johnson, 2014). Pendekatan edukasi rumah tangga dan *citizen science* melengkapi dimensi sosial-ekologis dengan menghubungkan perubahan perilaku pada tingkat individu dan keluarga. Pelibatan warga dalam

pengumpulan data, dan pengamatan siklus hidup *Aedes* sp, masyarakat memperoleh pengalaman ilmiah langsung yang menumbuhkan rasa tanggung jawab ekologis (Boerlijst *et al.*, 2019). Perilaku preventif terbentuk dari kesadaran, niat, dan norma sosial yang diperkuat oleh pengalaman empiris (Y. Guo *et al.*, 2024; Loring, 2016). Kombinasi antara edukasi digital dan *citizen science* menciptakan model pembelajaran lingkungan yang adaptif, partisipatif, dan berbasis tindakan nyata.

Strategi integrasi budaya lokal dan kebijakan berkelanjutan menjadi dimensi penting dalam memastikan keberhasilan dan kontinuitas program edukasi lingkungan dalam pengendalian *Aedes* sp. Pendekatan ini menekankan bahwa efektivitas edukasi tidak hanya bergantung pada transfer pengetahuan ilmiah, tetapi juga pada kemampuan untuk menyesuaikan pesan, metode, dan inovasi teknologi dengan nilai-nilai budaya masyarakat setempat (Chanampa *et al.*, 2018). Melalui pemanfaatan kearifan lokal, seperti penggunaan bahan atraktan alami dari sumber daya lokal (daun pandan, serai, fermentasi buah) serta praktik gotong royong program pengendalian menjadi lebih mudah diterima dan dijalankan secara mandiri oleh masyarakat (Akhoundi *et al.*, 2018). Integrasi pengetahuan tradisional dengan sains modern dapat menciptakan sistem sosial-ekologis yang tangguh. Dukungan kebijakan pendidikan lingkungan yang responsif terhadap konteks lokal memperkuat keberlanjutan program dan memungkinkan terjadinya kolaborasi lintas sektor antara lembaga pendidikan, pemerintah daerah, dan sektor kesehatan masyarakat (Arslan, 2012).

Edukasi lingkungan memiliki peran fundamental dalam membentuk kesadaran ekologis masyarakat dan memperkuat efektivitas program pengendalian *Aedes* sp. Peningkatan literasi lingkungan dan sains menjadi dimensi awal yang sangat penting karena membangun dasar kognitif bagi individu untuk memahami hubungan antara perilaku manusia dan dinamika ekosistem (Nurwido *et al.*, 2020). Siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan konseptual, tetapi juga pengalaman langsung dalam praktik pembuatan dan evaluasi perangkap alami, sehingga terbentuk pemahaman ilmiah yang lebih reflektif dan aplikatif (Knapp *et al.*, 2018). Penguatan partisipasi sosial dan keterlibatan warga menjadi faktor penentu keberhasilan edukasi lingkungan. Proses pembelajaran yang kolaboratif dan berbasis pengalaman sosial mendorong munculnya tindakan

kolektif dalam menjaga kebersihan lingkungan serta pemeliharaan perangkap atraktan alami (Widyanto *et al.*, 2023). Literasi ekologi yang tumbuh dari lingkungan pendidikan formal berpadu dengan partisipasi sosial di tingkat komunitas, menghasilkan sinergi yang memperkuat perilaku ekologis masyarakat secara berkelanjutan.

Perubahan perilaku pencegahan dan tanggung jawab ekologis merupakan dampak paling nyata dari keberhasilan strategi edukasi lingkungan yang dirancang secara kontekstual dan partisipatif. Masyarakat tidak hanya menjadi objek penerima informasi, tetapi juga berperan aktif sebagai pengamat dan pelaku dalam pengendalian populasi *Aedes* sp. Masyarakat yang terlibat dalam kegiatan monitoring dan pemeliharaan perangkap alami cenderung lebih konsisten dalam menerapkan perilaku higienis dan pro-lingkungan (Paiz-Moscoso *et al.*, 2023). Internalisasi nilai-nilai tanggung jawab ekologis melalui praktik berulang memperkuat kesadaran kolektif bahwa pengendalian penyakit berbasis vektor merupakan bagian dari perilaku hidup berkelanjutan.

Perkembangan riset mengenai edukasi lingkungan dalam konteks pengendalian *Aedes* sp hingga saat ini masih menunjukkan kecenderungan yang bersifat terfragmentasi (*siloed*) di antara bidang pendidikan, ekologi, dan kesehatan masyarakat. Sebagian besar studi lebih menekankan pada satu aspek tertentu seperti efektivitas perangkap atau peningkatan pengetahuan lingkungan tanpa membangun keterhubungan antara faktor pembelajaran, perilaku ekologis, dan dampak kesehatan masyarakat. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih beroperasi dalam batas disiplin masing-masing, sehingga kehilangan potensi sinergi yang dapat meningkatkan efektivitas program pengendalian vektor. Berdasarkan pendekatan transdisipliner isu kompleks seperti pengendalian penyakit berbasis vektor membutuhkan kolaborasi lintas bidang agar dapat menciptakan solusi yang adaptif, berbasis bukti, dan berkelanjutan (Echaubard *et al.*, 2020). Paradigma riset perlu beralih dari pendekatan sektoral menuju kolaborasi yang mengintegrasikan dimensi edukatif, ekologis, sosial, dan teknologi secara menyeluruh (Chen *et al.*, 2023).

Arah pengembangan penelitian masa depan perlu difokuskan pada integrasi antardisiplin yang menggabungkan inovasi teknologi, pendidikan berbasis partisipasi, dan kesehatan lingkungan

dalam satu sistem kolaboratif (Shannon *et al.*, 2022). Pendekatan seperti *Digital Citizen Science* dan *Community-Based Environmental Learning* dapat menjadi sarana yang efektif untuk meningkatkan partisipasi masyarakat sekaligus memperluas jangkauan literasi ekologis (Kozyreva, 2020). Integrasi lintas sektor antara lembaga pendidikan, pemerintah, dan komunitas lokal menjadi langkah strategis untuk membangun sistem edukasi ekologis yang kolaboratif dan berkelanjutan (Sager, 2013). Pergeseran dari riset yang bersifat *siloed* menuju pendekatan *integrated* tidak hanya memperkaya perspektif ilmiah, tetapi juga menjadi fondasi penting dalam upaya mewujudkan masyarakat yang sadar lingkungan dan tangguh terhadap ancaman penyakit berbasis vektor.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil sintesis terhadap 18 artikel yang dianalisis, penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi strategi edukasi lingkungan dengan penggunaan perangkat berbasis atraktan alami terbukti efektif dalam menurunkan populasi *Aedes* sp. sekaligus meningkatkan literasi dan partisipasi masyarakat terhadap isu kesehatan lingkungan. Pendekatan berbasis sekolah seperti *project-based learning* dan *experiential learning* menumbuhkan kesadaran ekologis siswa melalui pengalaman belajar langsung, sedangkan pelatihan komunitas dan *citizen science* memperluas dampak edukatif ke tingkat sosial yang lebih luas. Selain itu, pemanfaatan media digital, budaya lokal, dan kolaborasi lintas sektor memperkuat efektivitas intervensi dengan menjadikannya kontekstual, partisipatif, dan berkelanjutan. Hasil ini menegaskan bahwa keberhasilan pengendalian vektor tidak hanya ditentukan oleh inovasi teknologi, tetapi juga oleh transformasi perilaku ekologis yang dibangun melalui pendidikan lingkungan yang bermakna. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, sebagian besar studi yang dianalisis masih bersifat parsial dan kurang mengintegrasikan aspek pendidikan, ekologi, dan kesehatan masyarakat secara menyeluruh. Kedua, variasi konteks sosial, geografis, dan budaya di berbagai negara menyebabkan perbedaan efektivitas strategi yang diterapkan. Oleh karena itu, penelitian mendatang direkomendasikan untuk mengembangkan pendekatan transdisipliner yang menggabungkan teknologi digital (*digital citizen science*),

pendidikan berbasis partisipasi komunitas (*community-based environmental learning*), serta kebijakan lintas sektor guna memperkuat literasi ekologis masyarakat. Kolaborasi antara lembaga pendidikan, pemerintah daerah, dan organisasi masyarakat sipil menjadi kunci dalam menciptakan sistem pengendalian vektor yang adaptif, berbasis bukti, dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- Aguilar-Durán, J. A., Hamer, G. L., Reyes-Villanueva, F., Fernandez-Santos, N. A., Uriegas-Camargo, S., Rodríguez-Martínez, L. M., Estrada-Franco, J. G., & Rodríguez-Pérez, M. A. (2024). Effectiveness of mass trapping interventions using autocidal gravid ovitraps (AGO) for the control of the dengue vector, *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti*, in Northern Mexico. *Parasites and Vectors*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06361-y>
- Akhoundi, M., Jourdain, F., Chandre, F., Delaunay, P., & Roiz, D. (2018). Effectiveness of a field trap barrier system for controlling *Aedes albopictus*: A “removal trapping” strategy. *Parasites and Vectors*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2691-1>
- Arslan, S. (2012). The Influence of Environment Education on Critical Thinking and Environmental Attitude. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 902–909. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.579>
- Bansal, S., Lim, J. T., Chong, C.-S., Dickens, B., Ng, Y., Deng, L., Lee, C., Tan, L. Y., Kakani, E. G., Yoong, Y., Du Yu, D., Chain, G., Ma, P., Sim, S., Ng, L. C., & Tan, C. H. (2024). Effectiveness of Wolbachia-mediated sterility coupled with sterile insect technique to suppress adult *Aedes aegypti* populations in Singapore: a synthetic control study. *The Lancet*

- Planetary Health*, 8(9), e617–e628.
[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00169-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00169-4)
- Boerlijst, S. P., Trimbos, K. B., van der Beek, J. G., Dijkstra, K. B., van der Hoorn, B. B., & Schrama, M. (2019). Field evaluation of DNA based biodiversity monitoring of Caribbean mosquitoes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7(JUL).
<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00240>
- Chanampa, M., Gil, J. F., Aparicio, J. P., Castillo, P., Mangudo, C., Copa, G. N., & Gleiser, R. M. (2018). Field comparison of oviposition substrates used in ovitraps for *Aedes aegypti* surveillance in Salta, Argentina. *Journal of Applied Entomology*, 142(10), 985–990.
<https://doi.org/10.1111/jen.12554>
- Chen, J., Huo, X., Wilke, A. B. B., Beier, J. C., Vasquez, C., Petrie, W., Cantrell, R. S., Cosner, C., & Ruan, S. (2023). Linking mathematical models and trap data to infer the proliferation, abundance, and control of *Aedes aegypti*. *Acta Tropica*, 239.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.106837>
- Echaubard, P., Thy, C., Sokha, S., Srun, S., Nieto-Sánchez, C., Peeters-Grietens, K. P., Juban, N. R., Mier-Alpano, J., Deacosta, S., Sami, M., Braack, L., Ramirez, B., & Hii, J. (2020). Fostering social innovation and building adaptive capacity for dengue control in Cambodia: A case study. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1).
<https://doi.org/10.1186/s40249-020-00734-y>
- Eduardo Eiras, A. E., Costa, L. H., Batista-Pereira, L. G., Paixao, K. S., & Batista, E. P. A. (2021). Semi-field assessment of the Gravid *Aedes* Trap (GAT) with the aim of controlling *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* populations. *PLOS ONE*, 16(4 April).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250893>
- Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McGuinness, L., McDonald, S., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., Moher, D., Glanville, J., Chou, R., Brennan, S. E., Boutron, I., Akl, E., ... Tetzlaff, J. M. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Medicina Fluminensis*, 57(4), 444–465.
https://doi.org/10.21860/medflum2021_2_64903
- Guo, X., Zhou, S., Wu, J., Zhang, X., Wang, Y., Li, Z., Chen, X.-G., & Zhou, X. (2022). An Experimental Evaluation of Toxicity Effects of Sodium Chloride on Oviposition, Hatching and Larval Development of *Aedes albopictus*. *Pathogens*, 11(2).
<https://doi.org/10.3390/pathogens11020262>
- Guo, Y., Yang, S., Boonyamalik, P., Powwattana, A., Zhu, W., & Xu, L. (2024). Development of a social learning theory-based pressure injury training program for nursing assistants in Chinese nursing homes. *Frontiers in Public Health*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1478147>
- Hardianto, H., Mahanal, S., Susanto, H., & Prabaningtyas, S. (2024). Protist literacy: A novel concept of protist learning in higher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(2), em2399.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/14157>
- Holeva-Eklund, W. M., Young, S. J., Will, J., Busser, N., Townsend, J., & Hepp, C. M. (2022). Species distribution modeling of *Aedes aegypti* in Maricopa County, Arizona from 2014 to 2020. *Frontiers in Environmental Science*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1001190>
- Johnson, M. F. (2014). Network environmentalism: Citizen scientists as agents for environmental advocacy. *Global Environmental Change*, 29, 235–245.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.006>
- Kaya, E. (2013). Teaching the subject of ecology through jigsaw cooperative learning in a biology laboratory. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 5(1), 663–676.
https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/84869751806
- Knapp, J. A., Waits, C. M., Briley, A. K. C., Cilek, J. E., Richardson, A. G., & Pruszyński, C. (2018). Application

- Efficacy of Vectobac WDG Against Larval *Aedes aegypti* Using Thermal Fog Technology. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 34(1), 75–77. <https://doi.org/10.2987/17-6705.1>
- Kozyreva, A. (2020). Citizens Versus the Internet: Confronting Digital Challenges With Cognitive Tools. *Psychological Science in the Public Interest*, 21(3), 103–156. <https://doi.org/10.1177/1529100620946707>
- Liu, Q. (2019). Effects of environmental education on environmental ethics and literacy based on virtual reality technology. *Electronic Library*, 37(5), 860–877. <https://doi.org/10.1108/EL-12-2018-0250>
- Loring, P. A. (2016). Toward a Theory of Coexistence in Shared Social-Ecological Systems: The Case of Cook Inlet Salmon Fisheries. *Human Ecology*, 44(2), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s10745-016-9806-0>
- Muharni, A., Mahanal, S., Zubaidah, S., Susanto, H., & Hardianto, H. (2025). Developing and validating the ACCA (Activation-Collaboration-Creation-Application) learning model to enhance students' collaboration. *Research and Development in Education (RaDeN)*, 5(1), 605–618. <https://doi.org/10.22219/raden.v5i1.40024>
- Muhdhar, M. H. I. A., Aini, N., Rohman, F., Sumberartha, I. W., Mardiyanti, L., & Wardhani, W. (2021). Improvement of collaboration skills and environmental literacy through the surrounding nature exploration integrated group investigation. In H. Suwono, H. Habiddin, & D. Rodic (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2330). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0043101>
- Nurwidodo, N., Amin, M., Ibrohim, I., & Sueb, S. (2020). The role of eco-school program (Adiwiyata) towards environmental literacy of high school students. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 1089–1103. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.9.3.1089>
- Owusu-Asenso, C. M., Mingle, J. A. A., Weetman, D., & Afrane, Y. A. (2022). Spatiotemporal distribution and insecticide resistance status of *Aedes aegypti* in Ghana. *Parasites and Vectors*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05179-w>
- Paiz-Moscoso, K. E., Cisneros-Vázquez, L. A., Danis-Lozano, R., Rodríguez-Rojas, J. J., Rebollar-Téllez, E. A., Sánchez-Casas, R. M., & Fernández-Salas, I. (2023). Design and Evaluation of a Sticky Attractant Trap for Intra-Domestic Surveillance of *Aedes aegypti* Populations in Mexico. *Insects*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/insects14120940>
- Poulin, B., Lefebvre, G., Muranyi-Kovacs, C., & Hilaire, S. (2017). Mosquito traps: An innovative, environmentally friendly technique to control mosquitoes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph14030313>
- Ridha, M. R., Marlinae, L., Zubaidah, T., Fadillah, N. A., Widjaja, J., Rosadi, D., Rahayu, N., Ningsih, M., Desimal, I., & Sofyandi, A. (2023). Control methods for invasive mosquitoes of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Indonesia. *Veterinary World*, 16(9), 1952–1963. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1952-1963>
- Sager, F. (2013). Sorting through the garbage can: Under what conditions do governments adopt policy programs? *Policy Sciences*, 46(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11077-012-9165-7>
- Shannon, C., Lovrien, P. D., Barnett, B., Steinlicht, C., & Koromyslova, E. (2022). Multidisciplinary Capstone Design Experiences: Students' Perspective. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85138316010&partnerID=40&md5=575ff91afa26aa16b53faf4fd45b309>
- Sissoko, F., Junnila, A., Traoré, M. M., Traoré, S. F., Doumbia, S., Dembélé, S. M., Schlein, Y., Traoré, A. S., Petrányi, P., Xue, R.-D., Arheart, K. L., Revay, E. E., Kravchenko, V. D., Beier, J. C., & Müller, G. C. (2019). Frequent sugar feeding

- behavior by *Aedes aegypti* in Bamako, Mali makes them ideal candidates for control with attractive toxic sugar baits (ATSB). *PLOS ONE*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214170>
- Sulisetijono, S., Wulandari, I. A. I., Astuti, L., Muhdhar, M. H. I. A., Abdillah, R. R., Wardhani, Y. S., Zahro, S. M., & Achmad, R. (2024). The effectiveness of the Adiwiyata electronic module based on multi-model in improving technological literacy, collaboration skills and environmental literacy. In H. Habiddin & T. Ronceviv (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3106, Issue 1). American Institute of Physics. <https://doi.org/10.1063/5.0215551>
- Sun, H., Jit, M., Cook, A. R., Carrasco, L. R., & Dickens, B. (2018). Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of *aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. *BMJ Global Health*, 3(4). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000801>
- van de Vossenbergh, B. T. L. H., Ibáñez-Justicia, A., Metz-Verschure, E., van Veen, E. J., Bruil-Dieters, M. L., & Scholte, E. J. (2015). Real-time PCR tests in Dutch exotic mosquito surveys; Implementation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* identification tests, and the development of tests for the identification of *Aedes atropalpus* and *Aedes japonicus japonicus* (diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 52(3), 336–350. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv020>
- Widyanto, A., Unggul Satoto, T. B., & Kusmintarsih, E. S. (2023). Effectiveness of indoor and outdoor larvitrap modified jars and paralon hit for *Aedes* spp. Control. *Journal of Public Health in Africa*, 14(S2). <https://doi.org/10.4081/jphia.2023.2613>
- Wilke, A. B. B., Vasquez, C., Carvajal, A., Ramirez, M., Cardenas, G., Petrie, W., & Beier, J. C. (2021). Effectiveness of adulticide and larvicide in controlling high densities of *Aedes aegypti* in urban environments. *PLOS ONE*, 16(1 1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246046>
- Yalwala, S., Clark, J., Oullo, D., Ngonga, D., Abuom, D., Wanja, E., & Bast, J. (2015). Comparative efficacy of existing surveillance tools for *Aedes aegypti* in Western Kenya. *Journal of Vector Ecology*, 40(2), 301–307. <https://doi.org/10.1111/jvec.12168>