

Menjembatani perubahan iklim dan sistem pengetahuan pribumi melalui pendidikan E-SETS: tinjauan literatur sistematis

Nora Ayudi Asti¹, Aceng Ruyani², M Lutfi Firdaus³, Euis Nursaadah⁴

¹Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

²Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

³Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

⁴Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diserahkan 01 14, 2026

Direvisi 02 05, 2026

Diterima 03 23, 2026

Kata Kunci:

E-SETS

Ethnoscience

Pendidikan Perubahan Iklim

Sistem Pengetahuan Indigenous

ABSTRAK

Masyarakat modern menghadapi tantangan perubahan iklim, sementara masyarakat Indigenous memiliki pengetahuan penting untuk mendukung adaptasi. Namun, pendidikan perubahan iklim belum terintegrasi secara sistematis dengan pengetahuan tersebut. Penelitian ini bertujuan menggambarkan lanskap integrasi sistem pengetahuan Indigenous dalam pendidikan perubahan iklim serta mengeksplorasi struktur E-SETS (*Ethno, Science, Environment, Technology, Society*). Metode yang digunakan adalah systematic literature review dengan pendekatan PRISMA 2020 melalui penelusuran dua belas basis data periode 2010–2024. Sebanyak 83 studi dianalisis menggunakan kerangka CRAAP dan VOSviewer. Hasil menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan yang signifikan serta tiga model integrasi dan enam pendekatan pedagogis efektif. Temuan juga menunjukkan dampak positif pada aspek kognitif, afektif, dan perilaku. *Ethnoscience* menjadi komponen penting dalam E-SETS sebagai pendekatan integratif pendidikan perubahan iklim.

ABSTRACT

Modern society faces climate change challenges, while Indigenous communities possess valuable knowledge to support adaptation. However, climate change education has not been systematically integrated with this knowledge. This study aims to map the integration of Indigenous knowledge into climate change education and to explore the E-SETS framework (*Ethno, Science, Environment, Technology, Society*). The method used is a systematic literature review following PRISMA 2020 across twelve databases (2010–2024). A total of 83 studies were analyzed using the CRAAP framework and VOSviewer. The results reveal a significant knowledge gap, along with three integration models and six effective pedagogical approaches. The findings indicate positive impacts on cognitive, affective, and behavioral aspects. *Ethnoscience* emerges as a key component of E-SETS as an integrative approach to contextual climate change education.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Penulis Korespondensi:

Euis Nursaadah

Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

Jalan Wr. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, 38371, Indonesia

Email: euis@unib.ac.id

1. PENDAHULUAN

Salah satu masalah paling mendesak di abad ke-21 adalah perubahan iklim, yang mengancam masa depan masyarakat global (Heininen, 2022; IPCC, 2022). Untuk mencegah pemanasan global melebihi 1,5°C di atas tingkat pra-industri, panel antar pemerintah tentang perubahan iklim menekankan perlunya tindakan mitigasi dan adaptasi. Masyarakat mengalami kerugian sebagai akibat dari perubahan iklim. Meskipun sebagian masyarakat asli tidak banyak berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca, mereka menghadapi konsekuensi yang sama Parvin (2013). Karena tinggal di wilayah ekologis yang rentan seperti pesisir, pegunungan, dan hutan, permukaan laut meningkat, cuaca ekstrem, dan gangguan ekosistem semakin parah (World Economic Forum, 2024).

Meskipun masyarakat asli menghadapi kerentanan iklim yang signifikan, mereka memiliki sistem pengetahuan yang sangat berharga yang telah memungkinkan mereka untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan selama berjuta-juta tahun. Pengetahuan ekologi konvensional yang mencakup teknik pertanian, konservasi, prediksi cuaca, dan adaptasi iklim yang efektif untuk menjaga keseimbangan ekologi, termasuk pemahaman luas tentang ekosistem lokal, pola biodiversitas, siklus musim, dan praktik pengelolaan sumber daya berkelanjutan yang dikembangkan melalui pengamatan generasi ke generasi (Sukula, 2006; Of & Practices, 2021). Perjanjian Paris (2015) mengakui bahwa pengetahuan suku asli sangat penting untuk aksi iklim, dan menyatakan bahwa tindakan adaptasi harus dipandu oleh sains terbaik dan pengetahuan tradisional suku asli (UNESCO, 2025).

Meskipun telah diakui secara internasional, ada tantangan besar untuk memasukkan pengetahuan asli ke dalam pendidikan dan kebijakan arus utama. Studi menunjukkan bahwa pengetahuan suku asli sering terpinggirkan di institusi akademik karena bias sistemik dan proses publikasi yang mengutamakan paradigma ilmiah Barat (Indigenous Climate Hub, 2024; Pisor *et al.*, 2020). Ketegangan ini menunjukkan perbedaan epistemologis yaitu pengetahuan asli menawarkan pemahaman yang luas berbasis tempat, sementara sains Barat cenderung bersifat reduksionis Brondizio *et al.*, (2014).

Pendekatan sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat (SETS) telah banyak digunakan dalam pendidikan untuk mendorong pembelajaran sains kontekstual, yang mengaitkan ide-ide ilmiah dengan masalah dunia nyata (Binadja, 2005; Gathong & Chamrat, 2019; Geo & Journal, 2024). Studi di Indonesia menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis SETS dapat meningkatkan literasi sains dan kesadaran lingkungan siswa. Namun, ada perbedaan yang signifikan antara SETS dan sistem pengetahuan asli dalam pendidikan perubahan iklim. Model I-SETS (*Islamic-SETS*) dibuat untuk mengintegrasikan nilai Islam (Imaduddin, 2020), yang menunjukkan bahwa dimensi budaya dapat dimasukkan ke dalam struktur SETS. Namun, sebagian besar penelitian belum mencakup integrasi ethnoscience secara eksplisit ke dalam pendekatan SETS.

E-SETS yang berarti ethnoscience, science, environment, technology, and society, akan secara eksplisit mengintegrasikan ethnoscience sebagai komponen dasar bersama dengan pengetahuan ilmiah, kesadaran lingkungan, pemahaman teknologi, dan dampak sosial. E-SETS akan berfungsi sebagai jembatan antara domain yang terpisah. Menurut Climate Atlas of Canada (2024), pendekatan ini sejalan dengan tuntutan para ilmuwan asli untuk "perkawinan" antara sistem pengetahuan asli dan sains Barat. Pengembangan pendidikan E-SETS memiliki potensi besar di Indonesia karena keanekaragaman hayati dan budaya asli yang kaya.

Pemeriksaan menyeluruh literatur yang ada sangat penting mengingat kebutuhan mendesak untuk memerangi perubahan iklim, pengakuan yang meningkat terhadap nilai pengetahuan asli, dan kekurangan terus menerus dalam kerangka pendidikan yang menjembatani bidang ini. Tujuan dari tinjauan ini adalah untuk membandingkan pengetahuan saat ini tentang penggabungan sistem pengetahuan asli ke dalam pendidikan perubahan iklim, menemukan strategi pedagogis yang efektif, dan mempelajari potensi E-SETS sebagai kerangka pendidikan komprehensif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* dengan mengikuti pedoman PRISMA 2020 untuk memastikan transparansi dan kualitas metodologis Page *et al.*, (2021). Pencarian literatur dilakukan secara komprehensif di 12 database akademik meliputi Scopus, Web of Science, ERIC, Google Scholar, ScienceDirect, Springer Link, Wiley Online Library, JSTOR, DOAJ, Garuda, Portal Neliti, dan SINTA untuk publikasi tahun 2010-2024 dalam Bahasa Inggris dan Indonesia.

Strategi pencarian menggunakan kombinasi string kata kunci. String yang berfokus pada pencarian luas dengan kombinasi pada SETS, integrasi budaya, dan TEK (*traditional ecological knowledge*) yaitu mengkombinasi string ("indigenous knowledge" OR "traditional knowledge" OR "indigenous knowledge systems" OR "science education" OR "STEM education" OR "environmental education" "culturally responsive" OR "culturally relevant" OR "multicultural" OR "STEM" OR "science curriculum" "SETS approach" OR "Science Environment Technology Society" OR "STS education" OR "indigenous" OR

"traditional" OR "cultural" OR "local" "traditional ecological knowledge" OR "ethnoscience" OR "education" OR "curriculum" OR "pedagogy").

Kriteria inklusi mencakup studi yang membahas integrasi pengetahuan Indigenous dalam pendidikan sains atau lingkungan, berfokus pada perubahan iklim atau isu lingkungan terkait, melibatkan konteks pendidikan formal atau non-formal, menyajikan data empiris atau kerangka teoritis, menggunakan metodologi penelitian yang jelas, dipublikasikan dalam jurnal peer-reviewed atau konferensi akademik, dan relevan dengan tujuan penelitian. Kriteria eksklusi meliputi studi yang tidak relevan dengan topik, hanya tersedia abstrak, bukan peer-reviewed, duplikasi, kualitas metodologis buruk, di luar konteks pendidikan, dalam bahasa selain Inggris atau Indonesia, dan tidak dapat diakses.

Seleksi dilakukan sesuai dengan alur PRISMA dengan empat tahap. Proses identifikasi menghasilkan 3,003 record dari database pencarian dan sumber tambahan. Setelah menghilangkan duplikat, 1,876 rekaman discreening berdasarkan judul dan abstrak, dengan keakuratan interrater Cohen kappa 0,78. Sebanyak 353 full-text ditemukan untuk penilaian kelayakan, dengan 339 yang dapat diakses. Setelah screening full-text dengan kappa 0,82, 83 studi akhir dimasukkan ke dalam sintesis kualitatif.

Dalam konteks E-SETS *framework* CRAAP (*Currency, Relevance, Authority, Accuracy, Purpose*) digunakan untuk menilai kualitas. Framework ini terdiri dari lima dimensi dan mencapai maksimal 85 poin.

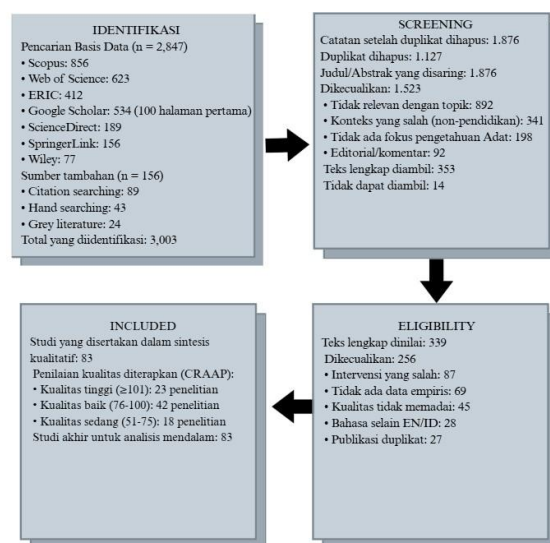
Kriteria currency menilai aktualitas publikasi dan data, relevansi menilai kesesuaian dengan topik E-SETS, otoritas menilai kredibilitas penulis dan publikasi, keakuratan menilai kualitas metodologis dan data, dan tujuan menilai kejelasan tujuan dan kontribusi. Threshold acceptance adalah minimal 60% dari skor maksimum. Interrater reliability untuk penilaian kualitas menghasilkan intraclass correlation coefficient 0.85.

Informasi bibliografis, karakteristik studi, detail integrasi pengetahuan asli, pendekatan pedagogis, fokus perubahan iklim, hasil pembelajaran, tantangan dan fasilitator, dan relevansi E-SETS termasuk dalam data yang diekstraksi menggunakan format terstruktur. Analisis narrative dikombinasikan dengan analisis tema. Untuk co-word analysis, temporal evolution, dan collaborative networks, VOSviewer digunakan untuk melakukan analisis bibliometrik. Coding dan analisis tematik difasilitasi oleh program NVivo. Prinsip CARE (Collective Benefit, Authority to Control, Responsibility, and Ethics) adalah dasar dari penelitian ini tentang pengelolaan data indigenous.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Alur Seleksi Studi (PRISMA Flow Diagram)

Proses pencarian dan seleksi literatur mengikuti alur PRISMA 2020 dan menghasilkan tahapan sebagai berikut:

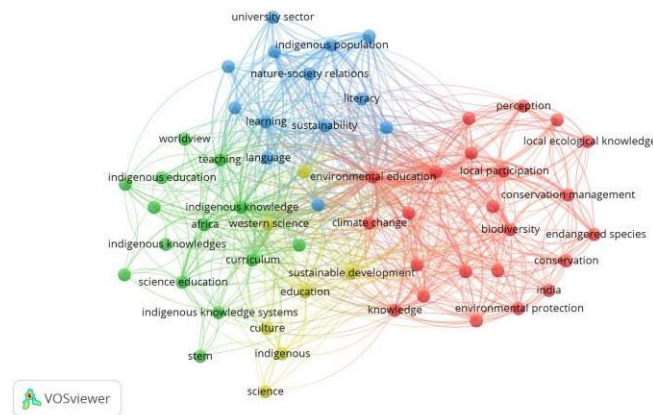


Gambar 1. Alur seleksi literatur PRISMA 2020

Dari 3,003 record yang teridentifikasi, proses screening menghasilkan 83 studi berkualitas tinggi untuk analisis mendalam. Distribusi temporal menunjukkan peningkatan signifikan dalam penelitian, dengan 9.6% studi dari 2010-2014, 37.3% studi dari 2015-2019, dan 53.0% studi dari 2020–2024. Ini menunjukkan bahwa penelitian ini sedang berkembang, terutama setelah 2019. Menurut kontribusi geografis, wilayah Asia-Pasifik mendominasi dengan 41%, termasuk Indonesia (12 studi), India (7 studi), Papua Nugini (5 studi), dan Australia (10 studi). Kontribusi Amerika Serikat adalah 33,7%, terdiri dari AS (15 studi), Kanada (8 studi), Afrika 16,9%, dan Eropa 8,4%. Metodologi yang digunakan bervariasi antara 45,8% dan 25,3%. Sekolah

dasar (21.7%), sekolah menengah (41.0%), perguruan tinggi (27.7%), dan sekolah non-formal (9.6%). Fokus konten mencakup 56.6% studi yang berkaitan dengan perubahan iklim dan adaptasi, 33.7% studi yang berkaitan dengan konservasi biodiversitas, 37.3% studi yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya alam, dan 22.9% studi yang berkaitan dengan pertanian berkelanjutan.

3.2. Analisis Bibliometrik



Gambar 2. Visualisasi jaringan VOSviewer

Analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer mengidentifikasi empat cluster utama dalam literatur. Cluster hijau (Indigenous Knowledge Integration Hub) menunjukkan core keywords "indigenous knowledge" (occurrence 156), "science education" (134), dan "indigenous knowledge systems" (89) dengan average link strength 47.3, merepresentasikan fokus pada integrasi pengetahuan Indigenous dalam pendidikan formal. Cluster merah (Environmental Action & Climate Hub) dengan "environmental education" (198), "climate change" (167), dan "biodiversity" (78) memiliki link strength tertinggi 52.1, fokus pada isu lingkungan dan konservasi. Cluster biru (Learning & Sustainability Hub) dengan "learning" (201), "sustainability" (143), dan "literacy" (92) berfungsi sebagai connecting bridge dengan link strength 45.8. Cluster kuning (Development & Culture Hub) dengan "sustainable development" (112), "education" (189), dan "knowledge" (176) fokus pada pembangunan berkelanjutan dengan link strength 43.7.

Hasil analisis bibliometrik menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan yang signifikan antara penelitian mengenai Indigenous knowledge dan pendidikan perubahan iklim. Meskipun "climate change" dan "indigenous knowledge" merupakan *prominent nodes* dengan frekuensi tinggi, kekuatan hubungan langsung di antara keduanya hanya 12,4, jauh di bawah rata-rata hubungan antar cluster sebesar 47,3. Kondisi ini mengindikasikan bahwa integrasi kedua domain masih belum berkembang secara optimal dan menjadi peluang penting bagi pengembangan kerangka E-SETS sebagai pendekatan integratif. Selain itu, "environmental education" dan "science education" berada dalam kelompok yang berbeda dengan koneksi moderat (link strength 28,6), menunjukkan bahwa pendekatan pedagogis pada kedua domain cenderung berkembang secara paralel. Dalam konteks tindakan lingkungan, "local ecological knowledge" juga muncul terpisah dari "indigenous knowledge", yang menunjukkan keterbatasan integrasi konseptual dalam literatur. Analisis jaringan kolaborasi menunjukkan 347 pengarang unik dengan 42% kerja sama internasional dan rata-rata 3,8 pengarang per publikasi, dengan penulis produktif seperti Ford, J.D. (15 publikasi), Aikenhead, G.S. (12 publikasi), Berkes, F. (11 publikasi), serta dari Indonesia Binadja, A. (6 publikasi) dan Sudarmin (5 publikasi).

3.3. Model Integrasi dan Strategi Pedagogis

Sintesis tematik menemukan tiga model konseptual utama untuk integrasi pengetahuan asli yaitu model paralel digunakan oleh 20.5% penelitian. Model ini menunjukkan bahwa pengetahuan asli dan ilmiah adalah sistem yang berbeda tetapi setara, menekankan perbedaan epistemologis, dan mengajarkan siswa untuk mengubah perspektif dunia antara satu sama lain. Model ini menghindari appropriasi, meskipun ada sedikit kesempatan untuk diskusi. Pada 41.0% penyelidikan, metode Jembatan, juga dikenal sebagai "Jembatan", membantu siswa untuk "melintasi batas" antara pengetahuan asli dan sains, dan dicatat bahwa siswa membawa pengetahuan asli ke dalam kelas sains.

Metode pembelajaran membantu transisi dengan menekankan keamanan kultural dan mempertahankan identitas. Model Integrasi digunakan untuk 38.6% studi, yang berusaha mengintegrasikan pengetahuan asli dan ilmiah ke dalam struktur pembelajaran yang terpadu melalui integrasi aktif, pembuatan pengetahuan bersama, dan pendekatan holistik yang mengakui kesamaan. Meskipun model ini dapat

meningkatkan pemahaman, tetapi memiliki risiko mengambil alih dan membutuhkan komitmen yang mendalam dengan komunitas asli.

Enam metode pedagogis yang berhasil ditemukan 50.6% penelitian menggunakan pendidikan berbasis tempat yang berfokus pada sistem lingkungan, komunitas, dan tempat. Menunjukkan peningkatan partisipasi sebesar 89%, peningkatan pemahaman tentang lingkungan, dan peningkatan kekuatan identitas kultural. Story-Based Pedagogy digunakan 42.2% studi dengan cerita yang memberikan konteks kultural, menarik perhatian, mengkodekan pengetahuan tentang lingkungan, dan menyebarkan prinsip moral. Metode pengajaran ini menunjukkan retensi pengetahuan setelah enam bulan 34% lebih tinggi daripada pengajaran konvensional. Pada 33,7% penelitian pendekatan asli inquiry-based learning digunakan yang menggabungkan penelitian ilmiah dengan keterampilan pengamatan konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan pengamatan rinci dan pemikiran sistem yang lebih baik dimiliki 76%. 22.9% penelitian menggunakan penelitian berbasis partisipasi masyarakat, dengan pertanyaan penelitian yang digerakkan oleh prioritas komunitas, co-peneliti dari komunitas, dan hasil yang ditujukan untuk tindakan. 28,9% penelitian melibatkan guru asli secara langsung dalam kelas melalui kunjungan, mentorship, atau co-teaching. Program ini menunjukkan keasliannya terhadap kultur, meningkatkan partisipasi siswa asli sebesar 92 persen. 19.3% penelitian menggunakan dokumentasi yang ditingkatkan tentang teknologi. Digital storytelling, virtual reality, GIS, dan aplikasi mobile digunakan, tetapi protokol intellectual property dan cultural harus diperhatikan.

Pendekatan SETS hanya 7.2% dari 23 studi yang menggunakan SETS/STS mengintegrasikan pengetahuan asli secara eksplisit. Hal ini menunjukkan bahwa potensi SETS masih belum digunakan sepenuhnya. Di Indonesia, model I-SETS yang terdiri dari delapan penelitian memberikan precedent penting yang menunjukkan bahwa menambahkan elemen cultural ke SETS dapat dilakukan. Menunjukkan hasil yang bagus untuk motivasi siswa (naik 78%), integrasi nilai, dan hasil belajar, yang sebanding atau lebih baik daripada SETS konvensional. Berdasarkan sintesis, framework E-SETS diusulkan dengan ethnoscience sebagai dasar yang memberikan informasi tentang komponen penelitian yang diterapkan dalam konteks masyarakat pada masalah lingkungan yang dimediasikan oleh teknologi. Framework ini unik karena ethnoscience digunakan sebagai starting point, bukan sebagai tambahan. memiliki aliran pengetahuan yang berfluktuasi secara bidirectional, menekankan pada tindakan, dan memiliki epistemologi pluralis yang jelas.

3.4. Tantangan dan Faktor Keberhasilan

Sintesis menemukan hambatan di berbagai tingkat. Menurut 69% penelitian rintangan institusional dan sistemik termasuk kurikulum yang dibungkus dengan tingkat fleksibilitas yang terbatas 78%, tekanan standar untuk tes 71%, hasil pendidikan yang ditetapkan tidak memenuhi pengetahuan orang asli 65%, dan keterbatasan waktu untuk keterlibatan nyata dengan komunitas 82%. Dalam 67% penelitian, tantangan epistemologis dan metodologis termasuk menyamakan berbagai epistemologies 71%, menanggapi pandangan hierarki 63%, memvalidasi pengetahuan asli dalam rangka kerja ilmiah 58%, dan risiko pengambilan 76%. 73% studi menunjukkan bahwa guru memiliki pengetahuan yang terbatas tentang kebudayaan asli 81%, tidak yakin tentang cara mengajarkan pengetahuan asli 78%, tidak percaya 72%, dan takut melakukan kesalahan 69%.

Tantangan keterlibatan komunitas dilaporkan dalam 61% penelitian, yang mencakup ketidakpercayaan historis 84%, ketidakseimbangan kekuasaan 76%, tantangan logistik 71%, dan kompensasi yang terbatas 68%. Kendala sumber daya dilaporkan dalam 58% penelitian, yang meliputi kurangnya materi yang sesuai secara budaya, akses terbatas ke tempat-tempat yang memiliki makna budaya, dana yang tidak cukup, dan ketersediaan penjaga pengetahuan Pribumi yang terbatas. Sensitivitas budaya dan isu etika dilaporkan dalam 79% penelitian, termasuk kekhawatiran mengenai pengambilan pengetahuan di luar konteks 81%, penggunaan pengetahuan suci secara tidak tepat 73%, komodifikasi 68%, dan hilangnya kontrol komunitas 76%.

Kriteria factor yang mempengaruhi keberhasilan meliputi kemitraan komunitas-sekolah yang kuat (89% implementasi yang sukses) mencakup dasar rasa saling menghormati, komitmen jangka panjang, pengambilan keputusan bersama, perjanjian formal, manfaat timbal balik, dan kepemimpinan komunitas. Dukungan administratif dan kebijakan (76% implementasi berhasil) mencakup komitmen kepemimpinan, keselarasan kebijakan, alokasi sumber daya, fleksibilitas, dan sistem pengakuan. Persiapan guru yang memadai (84% implementasi berhasil) mencakup kompetensi budaya, pengetahuan konten, keterampilan pedagogis, keterampilan membangun hubungan, dan reflektivitas. Materi kurikulum yang responsif secara budaya (72% implementasi berhasil) dikembangkan dengan atau oleh komunitas adat, otentik secara budaya, sehat secara pedagogis, dan sesuai usia. Pedagogi yang berpusat pada siswa dan berkelanjutan secara budaya (81% implementasi berhasil) dimulai dengan pengetahuan budaya siswa, menghargai cara mengetahui yang beragam, menciptakan lingkungan yang aman secara budaya, dan mendukung pengembangan identitas.

3.5. Diskusi

Kriteria factor yang mempengaruhi keberhasilan meliputi kemitraan komunitas-sekolah yang kuat (89% implementasi yang sukses) mencakup dasar rasa saling menghormati, komitmen jangka panjang, pengambilan keputusan. Systematic literature review ini menunjukkan bahwa integrasi sistem pengetahuan Indigenous dalam pendidikan perubahan iklim layak dan memberikan manfaat. Analisis bibliometrik memperlihatkan adanya kesenjangan yang signifikan antara kajian pendidikan perubahan iklim dan sistem pengetahuan Indigenous, meskipun keduanya menonjol dalam literatur. Kekuatan hubungan langsung hanya 12,4, jauh di bawah rata-rata 47,3, sehingga membuka peluang bagi pengembangan kerangka E-SETS.

Tiga model integrasi yang teridentifikasi, yaitu paralel, jembatan, dan integrasi, menunjukkan beragam jalur penerapan tanpa satu pendekatan yang dominan. Pemilihan model dipengaruhi oleh tujuan pembelajaran, konteks budaya, serta ketersediaan sumber daya. Kerangka E-SETS mampu mengakomodasi ketiganya secara fleksibel melalui peran ethnoscience sebagai dasar, dialog antarpengertian melalui komponen SETS, serta penerapan holistik pada seluruh elemen.

Enam strategi pedagogis efektif menunjukkan bahwa kombinasi beberapa pendekatan lebih optimal dibandingkan metode tunggal. Studi dengan hasil terbaik menggunakan rata-rata 3,4 strategi terintegrasi, yang menggabungkan pendekatan berbasis tempat, cerita, penyelidikan, partisipasi masyarakat, keterlibatan keluarga, dan teknologi. Rendahnya integrasi pengetahuan Indigenous dalam pendekatan SETS (7,2%) mengindikasikan potensi yang belum dimanfaatkan secara optimal. Model I-SETS menunjukkan bahwa dimensi budaya dan filosofis dapat diintegrasikan secara efektif.

Bukti empiris pada aspek kognitif, afektif, perilaku, dan budaya menunjukkan dampak positif dengan ukuran efek sedang hingga besar. Manfaat terlihat pada peserta didik Indigenous melalui penguatan identitas dan peningkatan keterlibatan, serta pada peserta didik non-Indigenous melalui peningkatan pemahaman dan sikap menghargai. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi pengetahuan Indigenous tidak hanya relevan secara budaya, tetapi juga efektif secara pedagogis.

Analisis faktor keberhasilan menunjukkan bahwa tantangan dapat diatasi melalui pendekatan sistematis. Keberhasilan lebih ditentukan oleh keberadaan faktor pendukung dibandingkan hambatan. Kemitraan dengan masyarakat menjadi faktor utama (89%), diikuti oleh kesiapan guru (84%), dukungan administratif (76%), ketersediaan materi (72%), serta penerapan pedagogi yang responsif budaya (81%). Temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan yang bersifat sistemik dan kolaboratif.

Kerangka E-SETS memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan pedagogi pendidikan sains dengan menempatkan ethnoscience sebagai fondasi. Pendekatan ini mendorong pluralisme epistemologis melalui pengakuan berbagai cara mengetahui, aliran pengetahuan dua arah, serta fleksibilitas yang menyesuaikan konteks lokal. Selain itu, kerangka ini menekankan aspek aplikatif yang berorientasi pada manfaat nyata bagi masyarakat.

Dalam konteks Indonesia, kajian ini menunjukkan relevansi yang tinggi. Meskipun terdapat peningkatan penelitian, representasi Indonesia dalam literatur internasional masih terbatas. Model I-SETS menunjukkan potensi integrasi budaya yang dapat diadaptasi dalam kerangka E-SETS. Kebijakan pendidikan nasional yang menekankan karakter dan pembelajaran kontekstual sejalan dengan prinsip tersebut. Wilayah seperti Papua, Kalimantan, Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi memiliki potensi besar sebagai lokasi implementasi, yang dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut pada skala nasional.

4. KESIMPULAN

Tinjauan literatur sistematis ini berhasil memetakan secara komprehensif penelitian tentang integrasi *Indigenous Knowledge Systems* (IKS) dalam pendidikan perubahan iklim, menegaskan adanya *Climate-Indigenous Knowledge Disconnect* dan mengusulkan *E-SETS framework* sebagai pendekatan menjanjikan untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Dari 3.003 data awal, 83 studi berkualitas tinggi memberikan dasar bukti yang kuat untuk kesimpulan dan rekomendasi. Temuan utama menunjukkan bahwa integrasi IKS terbukti efektif secara kognitif, afektif, perilaku, dan kultural, dengan berbagai model dan strategi pedagogis yang dapat diterapkan. Hambatan yang ada bersifat dapat diatasi melalui faktor-faktor keberhasilan kritis, dan *E-SETS framework* terbukti layak dikembangkan berdasarkan pendekatan *SETS* dan *I-SETS*.

Rekomendasi strategis mencakup pengembangan kebijakan eksplisit untuk integrasi pengetahuan pribumi, kolaborasi kurikulum bersama komunitas adat, pelatihan guru berbasis kompetensi budaya, serta dukungan kebijakan dan pendanaan dari pemerintah. Untuk konteks Indonesia, disarankan implementasi bertahap dimulai dengan program percontohan di empat wilayah (Papua, Kalimantan, NTT, Sulawesi), integrasi dengan *Kurikulum Pendidikan*, penguatan LPTK, serta kemitraan komunitas adat yang menghormati protokol dan prinsip FPIC. Meskipun terdapat keterbatasan seperti bias publikasi dan heterogenitas desain studi, konsistensi bukti dari 83 penelitian lintas konteks memberikan keyakinan yang kuat terhadap temuan utama. Kedepan, agenda penelitian perlu difokuskan pada uji empiris *E-SETS*, studi longitudinal, dan riset berbasis komunitas adat. Secara keseluruhan, *E-SETS framework* menawarkan jalan

strategis menuju pendidikan perubahan iklim yang lebih inklusif, efektif, dan berkeadilan budaya yang menghubungkan pengetahuan global dan lokal untuk mendukung aksi iklim serta pelestarian warisan budaya, khususnya di Indonesia yang kaya akan keragaman pengetahuan pribuminya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama proses penulisan. Penulis juga mengapresiasi dukungan dari tim akademik Universitas Bengkulu. Selain itu, penulis menghargai kontribusi para peneliti terdahulu yang karya ilmiahnya menjadi rujukan dalam penelitian ini. Semoga artikel ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Aikenhead, G. S., & Jegede, O. J. (1999). Cross-cultural science education: A cognitive explanation of a cultural phenomenon. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(3), 269-287.
- Aikenhead, G. S., & Ogawa, M. (2007). Indigenous knowledge and science revisited. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 539-620.
- Barnhardt, R., & Kawagley, A. O. (2005). Indigenous knowledge systems and Alaska Native ways of knowing. *Anthropology & Education Quarterly*, 36(1), 8-23.
- Berkes, F. (2012). *Sacred Ecology* (3rd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203123843>
- Binadja, A. (2005). Pedomian pengembangan silabus pembelajaran berdasar kurikulum 2004 bervisi dan berpendekatan SETS. Laboratorium SETS Universitas Negeri Semarang.
- Brondizio, E. S., Elmqvist, T., Malmer, P., & Spierenburg, M. (2014). *Connecting Diverse Knowledge Systems for Enhanced Ecosystem Governance : The Multiple Evidence Base Approach*. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3>
- Chaudhary, P., Rai, S., Wangdi, S., Mao, A., Rehman, N., Chettri, S., & Bawa, K. S. (2021). Consistency of local perceptions of climate change in the Kangchenjunga Himalaya landscape. *Current Science*, 121(1), 85-95.
- Climate Atlas of Canada. (2024). Indigenous knowledges and climate change. <https://climateatlas.ca/indigenous-knowledges-and-climate-change>
- Cobern, W. W., & Loving, C. C. (2001). Defining "science" in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, 85(1), 50-67.
- Fatchan, A., Soekamto, H., & Yuniarti, Y. (2014). Pengaruh model pembelajaran Science, Environment, Technology, Society (SETS) terhadap kemampuan berkomunikasi secara tertulis berupa penulisan karya ilmiah bidang geografi siswa SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 21(1), 33-40.
- Ford, J. D., Cameron, L., Rubis, J., & Maillet, M. (2016). Including Indigenous knowledge and experience in IPCC assessment reports. *Nature Climate Change*. 349–353. <https://doi.org/10.1038/nclimate2954>
- Geo, J., & Journal, E. (2024). *The Impact of Science , Environment , Technology , and Society (SETS) Learning Model Integrated with Google Earth on Spatial Thinking Ability in Senior High*. 5(2), 149–159. <https://doi.org/10.37905/jgej.v5i2.26052>
- Granderson, A. A. (2017). Making sense of climate change risks and responses at the community level: A cultural-political lens. *Climate Risk Management*, 16, 55-68.
- Heininen, L. (2022). Special section: Arctic studies. *Journal of the Finnish Institute in London*, 3, 39-52.
- Hiwasaki, L., Luna, E., Syamsidik, S., & Marçal, J. A. (2015). Local and indigenous knowledge on climate-related hazards of coastal and small island communities in Southeast Asia. *Climatic Change*, 128(1-2), 35-56.
- Huntington, H. P., Danielson, S. L., Wiese, F. K., Baker, M., Boveng, P., Citta, J. J., & Quakenbush, L. (2017). Comparing Indigenous and scientific observations of sea ice conditions in the Bering Sea. *Ambio*, 46(Suppl 3), 441-452.
- Imaduddin, M. (2020). *A New Way to Promote Islamization of Science : I-SETS Design for Pre-Service Science Teachers*. 3(1), 1–12.
- Indigenous Climate Hub. (2024). Bridging two worlds: Integrating Indigenous knowledge and Western science in climate policy. <https://indigenousclimatehub.ca/2024/08/bridging-two-worlds>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Indonesia long-term strategy for low carbon and climate resilience 2050*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, EBSE Technical Report EBSE-2007-01.
- Ladson-Billings, G. (1995). Toward a theory of culturally relevant pedagogy. *American Educational Research Journal*, 32(3), 465-491.
- Landicho, L. D., Malaki, A. B., Morales, M. P. E., & Espinosa, A. A. (2016). Education and local knowledge systems: Pedagogy for indigenous communities. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 4(4), 10-17.
- Leal Filho, W., Barbir, J., Sima, M., Kalbus, A., Nagy, G. J., Paletta, A., & Diaz, H. (2021). Reviewing the role of ecosystems services in the sustainability of the urban environment: A multi-country analysis. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121338.
- Leal Filho, W., Wall, T., Mucova, S. A. R., Nagy, G. J., Balogun, A. L., Luetz, J. M., & Matandirotya, N. (2022). Deploying artificial intelligence for climate change adaptation. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121662.
- Leal Filho, W., Wolf, F., Totin, E., Zvobgo, L., Simpson, N. P., Musiyiwa, K., & Ayal, D. Y. (2023). The role of indigenous knowledge in climate change adaptation in Africa. *Development Policy Review*, 41(3), e12664.
- Makondo, C. C., & Thomas, D. S. (2018). Climate change adaptation: Linking indigenous knowledge with western science for effective adaptation. *Environmental Science & Policy*, 88, 83-91.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
- Mwaniki, D., & Stevenson, M. G. (2017). Indigenous knowledge and climate change in Africa. In *Climate Change Management* (pp. 253-278). Springer.
- Nakashima, D. J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H. D., Ramos Castillo, A., & Rubis, J. T. (2012). Weathering uncertainty: Traditional knowledge for climate change assessment and adaptation. UNESCO and UNU.
- Nyong, A., Adesina, F., & Osman Elasha, B. (2007). *The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 787-797.
- Of, R., & Practices, G. (2021). *Integrating Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation for Risk-informed and Climate-smart Development. September*.
- Ogar, E., Peel, G., & Mustonen, T. (2020). Science must embrace traditional and indigenous knowledge to solve our biodiversity crisis. *One Earth*, 3(2), 162-165.
- Page, M. J., Mckenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement : an updated guideline for reporting systematic reviews Systematic reviews and Meta-Analyses*. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Parvin, G. A. (2013). *Impacts of climate change on food security of rural poor women in Bangladesh*. <https://doi.org/10.1108/MEQ-04-2013-0033>
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601-626.
- Petzold, J., Andrews, N., Ford, J. D., Hedemann, C., & Postigo, J. C. (2020). Indigenous knowledge on climate change adaptation: A global evidence map of academic literature. *Environmental Research Letters*, 15(11), 113007.
- Pisor, A. C., Gervais, M. M., Purzycki, B. G., Ross, C. T., & Ross, C. T. (2020). *Preferences and constraints : the value of economic games for studying human behaviour*.
- Pisor, A. C., Gervais, M. M., Purzycki, B. G., & Ross, C. T. (2023). Preferences and constraints: The value of economic games for studying human behaviour. *Royal Society Open Science*, 10(3), 221209.
- Puspasari, R., Susilowati, I., & Kurniawan, A. (2020). Implementasi ethnosience dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Pijar MIPA*, 15(5), 471-475.
- Rodríguez, I., & Alsop, P. (2016). Climate change adaptation and indigenous peoples. International Work Group for Indigenous Affairs.
- Santos, B. D. S. (2007). Beyond abyssal thinking: From global lines to ecologies of knowledges. *Review (Fernand Braudel Center)*, 30(1), 45-89.
- Snively, G., & Corsiglia, J. (2001). Discovering indigenous science: Implications for science education. *Science Education*, 85(1), 6-34.
- Sudarmin, S., Sumarni, W., Endang, S. S., & Saptorini. (2019). Developing ethnosience approach integrated with STEM in chemistry learning for improving students' critical thinking skills and cultural character. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1), 012089.

- Sukula, S. K. (2006). Success stories on indigenous knowledge: Contribution in natural resource management. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 5(1), 11-17.
- Tengö, M., Brondizio, E. S., Elmqvist, T., Malmer, P., & Spierenburg, M. (2014). Connecting diverse knowledge systems for enhanced ecosystem governance: The multiple evidence base approach. *Ambio*, 43(5), 579-591.
- UNDP. (2024). Indigenous peoples and climate change. United Nations Development Programme. <https://www.undp.org/indigenous-peoples>
- UNESCO. (2025). Indigenous knowledge and climate change. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://www.unesco.org/en/indigenous-knowledge>
- Widiastuti, Y., & Purnawijaya, I. (2021). Pengaruh pendekatan SETS (Science, Environment, Technology and Society) terhadap literasi sains siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 234-244.
- World Bank. (2021). Indigenous peoples. <https://www.worldbank.org/en/topic/indigenouspeoples>
- World Economic Forum. (2024). How climate change affects Indigenous communities. <https://www.weforum.org/agenda/2024/indigenous-climate-change>
- Yager, R. E. (1996). *Science/Technology/Society as reform in science education*. State University of New York Press.
- Yager, R. E., & Weld, J. (1999). Scope, sequence, and coordination: The Iowa Project, a national reform effort in the USA. *International Journal of Science Education*, 21(2), 169-194.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.