Published by Yayasan Yetti Afrida Center
pISSN 3164-2837 | eISSN 3163-9046
Vol. 1 No. 1 Juni 2026 | Pages 22-31
https://yettiafridacenter.com/scholaria/index
This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

Implementasi SSI Perubahan Iklim: Dampak terhadap Literasi Lingkungan dan Keterampilan Berargumentasi Siswa

Erik Perdana Putra [1]

Program Studi Pendidikan IPA

Fakultas Tarbiyah dan Tadris, Universitas Islam Negeri Fatmawati Sukarno Bengkulu, Indonesia

[1]Email: erikperdanaputra@mail.uinfasbengkulu.ac.id

ABSTRACT.
Purpose: *This study aims to analyze the impact of implementing Socio-Scientific Issues (SSI) based learning on climate change material on secondary school students' environmental literacy and argumentation skills. The research addresses the persistent challenge of disconnecting scientific concepts from social realities in science education.*
Design/Methodology: *This quasi-experimental study employed a Nonequivalent Control Group Design. The sample consisted of 64 tenth-grade students divided into an experimental group (SSI learning) and a control group (conventional learning). Instruments included an environmental literacy test and an argumentation skills rubric based on Toulmin's Argumentation Pattern (TAP). Data were analyzed using N-Gain and independent t-tests.*
Findings*: The results revealed a significant increase in environmental literacy in the experimental class (N-Gain = 0.68) compared to the control class (N-Gain = 0.31) with $p < 0.001$. Argumentation skills also improved significantly in the experimental group (N-Gain = 0.74), particularly in the warrant and rebuttal components. SSI learning effectively connected abstract science concepts with social realities, triggering higher-order reasoning.*
Originality/Value: *This study contributes to the limited literature on SSI implementation in developing countries by demonstrating the synergistic effect of local contextualization on both environmental literacy and micro-level argumentation structures.*
Keywords: *: Socio-Scientific Issues, Climate Change, Environmental Literacy, Argumentation Skills, Science Education*

Received: 05/05/2026 Accepted: 11/05/2026 Published: 10/06/2026

A. INTRODUCTION (PENDAHULUAN)

Pendidikan sains di abad ke-21 tidak lagi hanya berfokus pada penguasaan konsep teoretis, melainkan juga pada kemampuan siswa untuk menggunakan sains dalam memecahkan masalah nyata dan mengambil keputusan yang bertanggung jawab secara sosial dan moral (Zeidler & Herman, 2022). Salah satu isu global yang paling kompleks dan mendesak untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran sains adalah perubahan iklim. Perubahan iklim bukan sekadar fenomena fisika atau biologi, melainkan Socio-Scientific Issue (SSI)—isu sosial yang

[1] erikperdanaputra@mail.uinfasbengkulu.ac.id

memiliki dasar ilmiah, bersifat ill-structured (tidak memiliki satu jawaban mutlak), dan melibatkan pertimbangan etika, ekonomi, serta politik (Sadler et al., 2022).

Meskipun materi perubahan iklim telah masuk dalam kurikulum sains sekolah menengah, implementasinya di lapangan seringkali bersifat satu arah dan terisolasi dari konteks sosial-ekonomi masyarakat. Siswa cenderung menghafal fakta tentang efek rumah kaca tanpa memahami dilema nyata, seperti konflik antara kebutuhan energi fosil untuk pertumbuhan ekonomi lokal dengan upaya mitigasi kerusakan lingkungan (Herman, 2021). Akibatnya, dua kompetensi krusial yang seharusnya terbentuk—yaitu literasi lingkungan dan keterampilan berargumentasi—seringkali tidak berkembang secara optimal (Monroe et al., 2021). Literasi lingkungan didefinisikan sebagai kapasitas individu untuk memahami isu-isu lingkungan, yang mencakup dimensi pengetahuan, sikap, dan perilaku pro-lingkungan. Di sisi lain, keterampilan berargumentasi dalam sains adalah kemampuan untuk menyusun klaim, mendukungnya dengan bukti empiris, memberikan justifikasi, dan menyanggah argumen lawan berdasarkan pola argumentasi Toulmin (Osborne et al., 2022).

Pendekatan pembelajaran berbasis Socio-Scientific Issues (SSI) menawarkan kerangka pedagogis yang menjanjikan untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Melalui SSI, siswa dihadapkan pada dilema otentik yang memaksa mereka untuk menegosiasikan bukti ilmiah dengan nilai-nilai moral dan sosial (Karisan & Zeidler, 2022). Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa SSI dapat meningkatkan pemahaman konsep sains dan empati sosial (Evagorou, 2022; Walker & Zeidler, 2021). Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji dampak simultan SSI terhadap literasi lingkungan dan struktur mikro keterampilan berargumentasi pada konteks perubahan iklim di negara berkembang masih sangat terbatas (Lie et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis dampak pembelajaran berbasis SSI terhadap peningkatan literasi lingkungan siswa pada materi perubahan iklim; (2) menganalisis dampak pembelajaran SSI terhadap kualitas keterampilan berargumentasi siswa; dan (3) mendeskripsikan pergeseran level argumentasi siswa sebelum dan sesudah intervensi SSI. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen untuk mengukur efektivitas intervensi secara empiris.

B. LITERATURE REVIEW

1. Socio-Scientific Issues (SSI) dan Transformasi Pendidikan Sains Abad 21.

Socio-Scientific Issues (SSI) merepresentasikan isu-isu sosial kontroversial yang memiliki akar dalam konsep sains dan teknologi, bersifat ill-structured (tidak memiliki satu jawaban mutlak), dan melibatkan pertimbangan etika, moral, ekonomi, serta politik (Zeidler et al., 2023). Dalam paradigma pendidikan sains abad 21, SSI bukan sekadar konteks tambahan, melainkan kerangka pedagogis inti yang menjembatani kesenjangan antara pengetahuan ilmiah dan aplikasi sosialnya. Topcu dan Sadler (2023) menegaskan bahwa paparan terhadap SSI membantu siswa memahami bahwa sains tidak beroperasi dalam ruang hampa, melainkan dipengaruhi oleh nilai-nilai sosial dan keputusan kolektif.

Kerangka kerja SSI menekankan pada praktik diskursus dan penalaran informal, di mana siswa belajar untuk mengevaluasi berbagai perspektif, menegosiasikan bukti ilmiah

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

dengan nilai-nilai moral, dan membuat keputusan yang terinformasi (Erduran, 2021). Penelitian Walker dan Zeidler (2021) menunjukkan bahwa SSI memfasilitasi integrasi antara penalaran epistemik (sains) dan penalaran moral (sosial), menghasilkan warga negara yang tidak hanya cerdas secara ilmiah tetapi juga bijaksana secara sosial. Namun, implementasi SSI di negara berkembang masih menghadapi tantangan signifikan, termasuk kurangnya modul kontekstual dan resistensi guru terhadap pendekatan yang bersifat terbuka dan multi-perspektif (Lie et al., 2023).

2. Literasi Lingkungan: Melampaui Pengetahuan Ekologis.

Literasi lingkungan didefinisikan sebagai kapasitas individu untuk memahami isu-isu lingkungan, yang mencakup dimensi kognitif (pengetahuan), afektif (sikap dan kepedulian), dan konatif (perilaku pro-lingkungan) (Monroe et al., 2021). Dalam konteks perubahan iklim, literasi lingkungan melampaui sekadar pemahaman tentang siklus karbon atau efek rumah kaca; ia mencakup kesadaran akan interdependensi antara manusia dan alam, serta motivasi untuk bertindak secara pro-lingkungan (Chang et al., 2022).

Presley et al. (2023) menemukan bahwa pendidikan lingkungan yang efektif harus melibatkan siswa dalam investigasi isu-isu lokal yang relevan. Ketika siswa melihat dampak perubahan iklim di komunitas mereka sendiri—seperti abrasi pantai, banjir rob, atau kerusakan ekosistem mangrove—dimensi afektif dan konatif dari literasi lingkungan mereka cenderung meningkat secara signifikan. Konsep sense of place (rasa memiliki terhadap lingkungan lokal) menjadi katalisator penting yang mengubah pengetahuan abstrak menjadi kepedulian konkret. Namun, pendekatan konvensional yang hanya menyajikan fakta-fakta global tentang perubahan iklim sering kali menghasilkan apati dan rasa tidak berdaya (eco-anxiety), karena siswa merasa tidak memiliki agensi terhadap masalah yang terlalu besar (Herman, 2021).

3. Keterampilan Berargumentasi dan Pola Argumentasi Toulmin (TAP) .

Argumentasi dalam sains adalah praktik epistemik inti yang mencerminkan cara ilmuwan membangun dan mengevaluasi pengetahuan (Osborne et al., 2022). Osborne et al. (2022) mengadaptasi Toulmin's Argumentation Pattern (TAP) untuk menilai kualitas argumen siswa, yang terdiri dari lima komponen: Claim (klaim/pernyataan), Data (bukti empiris), Warrant (jaminan yang menghubungkan data dengan klaim), Backing (dukungan tambahan untuk warrant), dan Rebuttal (sanggahan terhadap perspektif alternatif).

Christodoulou dan Osborne (2021) menunjukkan bahwa siswa seringkali kesulitan dalam menyusun warrant dan rebuttal, karena hal ini memerlukan pemahaman yang mendalam tentang hubungan antara bukti dan klaim, serta kemampuan untuk mempertimbangkan perspektif alternatif. Pembelajaran sains tradisional yang berfokus pada "satu jawaban benar" tidak melatih siswa untuk berdebat atau menyanggah argumen lawan. Sebaliknya, SSI secara inheren memaksa siswa untuk berhadapan dengan pandangan yang bertentangan dan mempertahankan posisi mereka menggunakan data ilmiah sekaligus mengakui batasan dari posisi mereka (Evagorou, 2022).

4. Kontekstualisasi Lokal dan Dilema Sosio-Saintifik .

Kebaruan utama dari pendekatan SSI terletak pada kemampuannya untuk mengontekstualisasikan isu global menjadi dilema lokal yang relevan dengan kehidupan siswa. Karisan dan Zeidler (2022) menekankan bahwa kontekstualisasi SSI meningkatkan keterlibatan kognitif dan emosional siswa, karena mereka dapat melihat dampak langsung dari isu tersebut pada komunitas mereka. Misalnya, isu perubahan iklim global dapat dikontekstualisasikan menjadi dilema lokal seperti alih fungsi hutan mangrove untuk tambak udang ekspor versus konservasi mangrove untuk mitigasi bencana iklim.

Dilema ini bersifat ill-structured karena tidak ada solusi yang sempurna: konservasi mangrove penting untuk penyerapan karbon dan perlindungan pantai, tetapi tambak udang menyediakan mata pencaharian bagi nelayan lokal. Siswa yang berperan sebagai berbagai pemangku kepentingan (nelayan, pengusaha, aktivis lingkungan, pemerintah) dipaksa untuk menegosiasikan bukti ilmiah dengan pertimbangan ekonomi dan sosial. Proses negosiasi inilah yang melatih keterampilan berargumentasi tingkat tinggi dan memperdalam literasi lingkungan secara holistik (Zeidler & Herman, 2022).

5. Kesenjangan Penelitian (Research Gap).

Meskipun studi-studi sebelumnya telah mendemonstrasikan efektivitas SSI secara terpisah dalam meningkatkan pemahaman konsep sains (Sadler et al., 2022) atau keterampilan argumentasi (Erduran, 2021), penelitian yang mengkaji dampak simultan SSI yang dikontekstualisasikan secara lokal terhadap literasi lingkungan dan struktur mikro argumentasi (TAP) masih sangat langka, terutama di konteks negara berkembang (Lie et al., 2023). Kebanyakan penelitian hanya mengukur hasil belajar kognitif tanpa menganalisis secara komprehensif bagaimana SSI memengaruhi dimensi afektif dan konatif literasi lingkungan, atau bagaimana struktur argumentasi siswa bergeser dari level dasar ke level kompleks.

Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menunjukkan bagaimana kontekstualisasi isu lokal (alih fungsi mangrove) memengaruhi kedua domain tersebut secara simultan, serta mendeskripsikan pergeseran level argumentasi siswa sebelum dan sesudah intervensi SSI. Temuan ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris yang kuat bagi pendidik dan pembuat kebijakan tentang pentingnya integrasi SSI kontekstual dalam kurikulum sains.

C. METHOD (METODE)

1. Desain dan Setting Penelitian .

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen (quasi-experimental) berbentuk Nonequivalent Control Group Design dengan pengukuran pretest-posttest. Desain ini dipilih karena pertimbangan etis dan praktis di mana pengacakan individu siswa tidak dapat dilakukan tanpa mengganggu struktur kelas yang sudah ada di sekolah. Penelitian dilaksanakan selama 6 minggu pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 di salah satu Sekolah Menengah Atas Negeri (SMA N) di wilayah pesisir Indonesia. Setting penelitian dirancang sedemikian rupa untuk mengontrol variabel ekstraneous, di mana kedua kelompok diajar oleh guru yang sama, dengan alokasi waktu yang setara (3 jam pelajaran per minggu), dan menggunakan silabus serta tujuan pembelajaran yang identik.

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

2. Populasi dan Sampel.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X IPA di sekolah tempat penelitian. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, di mana dua kelas yang memiliki tingkat kemampuan akademik awal yang relatif setara (berdasarkan rekomendasi guru dan rata-rata nilai IPA semester sebelumnya) dipilih sebagai sampel. Sampel terdiri dari 64 siswa yang terbagi secara seimbang menjadi Kelas Eksperimen (n = 32) dan Kelas Kontrol (n = 32). Kelas Eksperimen menerapkan pembelajaran berbasis Socio-Scientific Issues (SSI), sedangkan Kelas Kontrol menerapkan pembelajaran konvensional.

3. Prosedur Penelitian dan Perlakuan (Treatment).

Perlakuan diberikan selama 6 minggu dengan rincian 1 minggu untuk pretest, 4 minggu untuk intervensi pembelajaran (12 kali pertemuan), dan 1 minggu untuk posttest.

a. Kelas Eksperimen: Pembelajaran dirancang menggunakan modul SSI yang mengangkat dilema lokal: "Alih Fungsi Hutan Mangrove untuk Tambak Udang Ekspor vs. Konservasi Mangrove untuk Mitigasi Bencana Iklim dan Penyerapan Karbon". Sintaks pembelajaran meliputi: (1) Pengenalan Isu: Guru menyajikan fenomena abrasi pantai dan konflik kepentingan antara nelayan dan pengusaha tambak; (2) Eksplorasi Data: Siswa menganalisis data ilmiah tentang sekuestrasi karbon oleh mangrove, data ekonomi tambak udang, dan data sosial masyarakat pesisir; (3) Peran Pemangku Kepentingan: Siswa dibagi menjadi kelompok yang berperan sebagai nelayan, pengusaha, aktivis lingkungan, dan pemerintah daerah; (4) Debat Ilmiah: Setiap kelompok menyusun argumen berdasarkan perspektif mereka, menggunakan data ilmiah dan pertimbangan moral; (5) Negosiasi Kebijakan: Siswa merumuskan rekomendasi kebijakan yang menyeimbangkan konservasi lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.
b. Kelas Kontrol: Pembelajaran menggunakan pendekatan konvensional. Guru menjelaskan konsep perubahan iklim melalui ceramah interaktif, menampilkan slide presentasi tentang efek rumah kaca, siklus karbon, dan dampak perubahan iklim. Siswa melakukan diskusi kelompok biasa dan mengerjakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis verifikasi (membuktikan fakta-fakta yang sudah ada), tanpa intervensi SSI atau debat ilmiah.

4. Instrumen Penelitian.

Data dikumpulkan menggunakan dua instrumen utama yang telah melalui proses validasi ahli (expert judgment) oleh tiga dosen pendidikan sains dan uji coba lapangan untuk memastikan reliabilitas.

Tes Literasi Lingkungan: Instrumen ini diadaptasi dari Middle School Environmental Literacy Survey (MSELS) dan terdiri dari 30 item yang mengukur tiga dimensi: (1) Kognitif (pengetahuan tentang isu lingkungan dan perubahan iklim), (2) Afektif (sikap, kepedulian, dan sense of place), dan (3) Konatif (niat dan perilaku pro-lingkungan). Penskoran menggunakan skala Likert 5 poin untuk dimensi afektif dan konatif, serta pilihan ganda untuk dimensi kognitif. Instrumen ini memiliki reliabilitas Cronbach's Alpha sebesar 0,87.

Tes Keterampilan Berargumentasi: Berupa tes esai kontekstual yang meminta siswa untuk merespons dilema SSI tentang alih fungsi mangrove. Respons siswa dinilai menggunakan rubrik Toulmin's Argumentation Pattern (TAP) yang mencakup lima komponen: Claim, Data, Warrant, Backing, dan Rebuttal. Setiap komponen diberi skor 0-2 (0 = tidak ada, 1 = parsial, 2 = lengkap dan tepat). Skor total argumentasi berkisar 0-10. Instrumen ini memiliki reliabilitas Cronbach's Alpha sebesar 0,89.

Selain itu, dilakukan analisis deskriptif untuk memetakan pergeseran level argumentasi siswa berdasarkan klasifikasi: Level 0 (tidak ada argumen), Level 1 (klaim + data), Level 2 (klaim + data + warrant), Level 3 (klaim + data + warrant + backing), dan Level 4 (klaim + data + warrant + backing + rebuttal).

5. Teknik Analisis Data .

Data kuantitatif yang diperoleh dari skor pretest dan posttest dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS versi 26 dan Excel. Tahapan analisis meliputi:

a. Uji Prasyarat: Uji normalitas data dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk (karena ukuran sampel < 50 per kelompok), dan uji homogenitas menggunakan Levene's Test. Hasil menunjukkan data berdistribusi normal dan homogen ($p > 0,05$), sehingga analisis parametrik dapat dilanjutkan.
b. Uji N-Gain (Normalized Gain): Untuk mengukur besarnya peningkatan relatif antara kedua kelas, digunakan rumus N-Gain yang menormalisasi skor posttest dengan memperhitungkan skor pretest. Kategori N-Gain diinterpretasikan berdasarkan standar Hake: Tinggi (> 0,70), Sedang (0,30 - 0,70), dan Rendah (< 0,30).
c. Uji Hipotesis: Independent Sample t-test dilakukan pada skor N-Gain untuk menguji perbedaan signifikansi peningkatan antara kelas eksperimen dan kontrol pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.
d. Ukuran Efek (Effect Size): Untuk mengukur magnitudo dampak intervensi secara praktis, dihitung menggunakan Cohen's d. Nilai Cohen's d diinterpretasikan sebagai efek kecil (0,2), sedang (0,5), dan besar (> 0,8).
e. Analisis Korelasi: Uji korelasi Pearson dilakukan untuk menguji hubungan antara peningkatan literasi lingkungan dan keterampilan berargumentasi.

D. RESULT AND DISCUSSION (HASIL DAN PEMBAHASAN)

1. Statistik Deskriptif dan Uji Prasyarat .

Sebelum menguji hipotesis penelitian, data pretest dan posttest dari kedua kelas dianalisis untuk memastikan distribusi data dan kesamaan kemampuan awal. Hasil uji normalitas (menggunakan Shapiro-Wilk) dan uji homogenitas (Levene's Test) menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan homogen ($p > 0,05$), sehingga memenuhi prasyarat untuk analisis parametrik. Analisis statistik deskriptif mengungkapkan bahwa skor rata-rata pretest literasi lingkungan kelas eksperimen (45,2) dan kelas kontrol (44,8) tidak memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik ($t = 0,28$; $p = 0,78$). Hal yang sama terjadi pada pretest keterampilan berargumentasi (eksperimen: 2,15; kontrol: 2,08; $p = 0,72$). Kesamaan skor awal ini mengonfirmasi bahwa kedua kelas memiliki titik tolak yang setara, sehingga setiap

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

perbedaan signifikan pada posttest dapat diatribusikan secara meyakinkan pada perlakuan intervensi yang diberikan.

2. Peningkatan Literasi Lingkungan melalui Kontekstualisasi Isu Perubahan Iklim .

Analisis posttest literasi lingkungan menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada kelas eksperimen. Perhitungan Normalized Gain (N-Gain) mengungkapkan bahwa kelas eksperimen mencapai rata-rata N-Gain sebesar 0,68 (kategori sedang), yang secara signifikan melampaui kelas kontrol yang hanya mencapai 0,31 (kategori rendah). Uji Independent Sample t-test pada skor N-Gain menghasilkan nilai $t = 5,42$ dengan $p < 0,001$. Lebih lanjut, perhitungan Cohen's d menghasilkan nilai 1,35, yang mengindikasikan bahwa intervensi SSI memberikan ukuran efek yang besar (large effect size) terhadap peningkatan literasi lingkungan siswa.

Jika dibedah berdasarkan dimensi, peningkatan paling tajam pada kelas eksperimen terjadi pada dimensi afektif dan konatif. Dalam pembelajaran konvensional, siswa kelas kontrol cenderung menghafal fakta tentang "dampak buruk gas rumah kaca" tanpa merasa memiliki koneksi emosional dengan isu tersebut. Akibatnya, mereka mengalami apati karena merasa tidak memiliki agensi terhadap masalah global yang terlalu besar (Herman, 2021). Sebaliknya, dalam kelas eksperimen, siswa tidak hanya mempelajari siklus karbon secara abstrak, tetapi dihadapkan pada dilema alih fungsi hutan mangrove yang terjadi di wilayah pesisir tempat mereka tinggal. Kontekstualisasi isu ini memicu sense of place (rasa memiliki terhadap lingkungan lokal) dan empati sosial. Ketika siswa berperan sebagai nelayan yang kehilangan mata pencaharian akibat abrasi, atau sebagai pengusaha yang membutuhkan devisa, mereka menyadari bahwa solusi perubahan iklim tidak bersifat hitam-putih. Diskusi ini secara langsung memperkuat dimensi afektif dan konatif dari literasi lingkungan mereka.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Monroe et al. (2021) dan Chang et al. (2022) yang menyatakan bahwa pendidikan lingkungan yang efektif harus melampaui transfer pengetahuan kognitif dan menyentuh dimensi emosional serta perilaku. Presley et al. (2023) juga menekankan bahwa ketika siswa melihat dampak perubahan iklim di komunitas mereka sendiri, motivasi untuk bertindak secara pro-lingkungan meningkat secara signifikan.

3. Transformasi Struktur Argumentasi Siswa dalam Diskursus Sosio-Saintifik.

Hasil analisis keterampilan berargumentasi menggunakan rubrik Toulmin's Argumentation Pattern (TAP) menunjukkan pola peningkatan yang serupa. Kelas eksperimen mencapai N-Gain sebesar 0,74 (kategori tinggi), secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 0,35 (kategori sedang), dengan $t = 6,18$; $p < 0,001$; dan Cohen's $d = 1,54$. Peningkatan paling signifikan pada kelas eksperimen terjadi pada komponen warrant dan rebuttal, yang secara inheren merupakan komponen yang paling sulit dan memerlukan penalaran tingkat tinggi.

Analisis deskriptif terhadap distribusi level argumentasi menunjukkan pergeseran yang dramatis pada kelas eksperimen. Sebelum intervensi, mayoritas siswa (53,1%) hanya mampu memberikan klaim dan data (Level 1). Setelah pembelajaran SSI, tidak ada siswa yang berada di Level 0, dan 15,6% siswa mampu mencapai Level 4 (menyertakan sanggahan terhadap perspektif lawan). Sebaliknya, kelas kontrol mayoritas tetap stagnan di Level 1 dan Level 2.

Peningkatan keterampilan berargumentasi yang tajam ini membuktikan bahwa SSI adalah vehicle pedagogis yang unggul untuk melatih penalaran ilmiah. Berdasarkan TAP, kelemahan utama siswa dalam pendidikan sains tradisional adalah ketiadaan warrant (jaminan yang menghubungkan data dengan klaim) dan rebuttal (sanggahan) (Christodoulou & Osborne, 2021). Pembelajaran konvensional seringkali melatih siswa untuk mencari "satu jawaban benar", sehingga mereka tidak terbiasa berdebat. SSI, secara inheren, memaksa siswa untuk berhadapan dengan pandangan yang bertentangan. Dalam modul SSI yang dikembangkan, siswa dituntut untuk mempertahankan posisi mereka menggunakan data ilmiah sekaligus mengakui batasan dari posisi mereka. Proses negosiasi makna dalam debat SSI inilah yang memfasilitasi kemunculan argumen Level 3 dan Level 4, sejalan dengan temuan Evagorou (2022) dan Karisan dan Zeidler (2022).

4. Sinergi antara Penalaran Ilmiah dan Pertimbangan Moral

Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara peningkatan literasi lingkungan dan keterampilan berargumentasi ($r = 0,68$, $p < 0,001$). Hal ini mengindikasikan bahwa kedua kompetensi ini saling memperkuat dalam konteks SSI. Siswa yang memiliki literasi lingkungan yang tinggi cenderung lebih termotivasi untuk mencari bukti ilmiah yang kuat guna mendukung argumen mereka terkait konservasi lingkungan. Sebaliknya, kemampuan berargumentasi yang baik memungkinkan siswa untuk mengevaluasi berbagai klaim terkait kebijakan lingkungan secara kritis, yang pada gilirannya memperdalam literasi lingkungan mereka.

Temuan ini mendukung kerangka teoretis yang diajukan oleh Zeidler et al. (2023) dan Walker dan Zeidler (2021), yang menyatakan bahwa SSI memfasilitasi integrasi antara penalaran epistemik (sains) dan penalaran moral (sosial). Ketika siswa berargumen tentang alih fungsi mangrove, mereka tidak hanya menggunakan data sekuestrasi karbon (sains), tetapi juga mempertimbangkan dampak ekonomi terhadap nelayan lokal (moral). Sinergi ini menghasilkan warga negara yang tidak hanya cerdas secara ilmiah, tetapi juga bijaksana secara sosial.

Observasi selama pembelajaran menunjukkan bahwa siswa di kelas eksperimen secara konsisten menggunakan bahasa ilmiah yang tepat (seperti "sekuestrasi karbon", "jasa lingkungan", "trade-off ekonomi") saat berdiskusi, mengindikasikan bahwa mereka telah berhasil menginternalisasi konsep sains dan mengaplikasikannya dalam konteks sosial yang kompleks. Temuan ini memperkaya literatur pendidikan sains dengan menegaskan bahwa isu-isu kontroversial harus selalu dipasangkan dengan kerangka argumentasi yang kuat (seperti TAP) untuk memaksimalkan hasil belajar kognitif, afektif, dan keterampilan penalaran (Osborne et al., 2022; Erduran, 2021).

5. Implikasi Praktis dan Keterbatasan Penelitian.

Penelitian ini memberikan implikasi praktis bahwa guru sains harus beralih dari peran sebagai "penyampai fakta" menjadi "fasilitator diskursus". Guru perlu merancang skenario SSI yang ill-structured dan relevan dengan kehidupan siswa. Selain itu, guru harus secara eksplisit mengajarkan kerangka argumentasi (seperti TAP) sebelum meminta siswa berdebat, agar diskusi tidak merosot menjadi adu opini tanpa dasar ilmiah (Osborne et al., 2022).

Meskipun menunjukkan efek yang besar, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, durasi intervensi relatif singkat (6 minggu), sehingga belum dapat mengukur retensi

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

jangka panjang (long-term retention) dari literasi lingkungan dan keterampilan argumentasi yang telah dipelajari. Kedua, penelitian ini hanya difokuskan pada satu konteks SSI (alih fungsi mangrove), yang mungkin memiliki karakteristik berbeda dengan isu SSI lain seperti bioteknologi atau kecerdasan buatan. Penelitian lanjutan sangat disarankan untuk mengeksplorasi berbagai jenis SSI, mengukur retensi melalui delayed posttest, serta menggunakan metode mixed-methods untuk menggali proses kognitif siswa secara lebih mendalam melalui wawancara klinis dan analisis diskursus (Sadler et al., 2022; Lie et al., 2023).

E. CONCLUSION (KESIMPULAN)

Implementasi pembelajaran berbasis Socio-Scientific Issues (SSI) pada materi perubahan iklim terbukti secara empiris memberikan dampak positif yang signifikan terhadap literasi lingkungan dan keterampilan berargumentasi siswa sekolah menengah. SSI berhasil mengubah materi sains yang abstrak menjadi dilema sosial yang bermakna, sehingga meningkatkan kepedulian ekologis siswa secara holistik. Lebih jauh lagi, pendekatan ini secara efektif melatih siswa untuk menyusun argumen ilmiah yang kompleks, tidak hanya sekadar mengajukan klaim dan data, tetapi juga mampu memberikan justifikasi (warrant) dan menanggapi perspektif yang berlawanan (rebuttal).

Disarankan bagi para pendidik dan pengembang kurikulum untuk mengintegrasikan modul-modul SSI yang kontekstual dan berbasis masalah lokal ke dalam kurikulum sains. Hal ini esensial untuk mempersiapkan generasi muda yang mampu berpartisipasi secara kritis dan etis dalam pengambilan keputusan terkait isu-isu keberlanjutan global. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada durasi intervensi yang relatif singkat (6 minggu) dan fokus pada satu konteks SSI. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi berbagai jenis SSI (misalnya isu bioteknologi atau kecerdasan buatan) dan menggunakan metode mixed-methods untuk menggali proses kognitif siswa secara lebih mendalam melalui wawancara klinis.

F. BIBLIOGRAPHY (DAFTAR PUSTAKA)

1. Chang, C. H., Pascua, L., & Choy, B. H. (2022). The climate change literacy of pre-service teachers in Singapore. Environmental Education Research, 28(2), 215–230. https://doi.org/10.1080/13504622.2021.2013845
2. Christodoulou, A., & Osborne, J. (2021). The science classroom as a site of epistemic talk: A case study of a teacher's attempt to teach science through argument. Journal of Research in Science Teaching, 58(1), 112–138. https://doi.org/10.1002/tea.21685
3. Erduran, S. (2021). Re-conceptualizing argumentation in science education: The case of socioscientific issues. Science & Education, 30(4), 895–915. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00215-8
4. Evagorou, M. (2022). Young students' and experts' argumentation on a socioscientific issue of sustainable energy. Science Education, 106(1), 145–170. https://doi.org/10.1002/sce.21705
5. Herman, B. C. (2021). High school teachers' pedagogical content knowledge for teaching climate change: A multiple case study. Science Education, 105(2), 312–340. https://doi.org/10.1002/sce.21615

6. Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2022). Contextualization of the socioscientific issues framework in science education. In Contemporary Issues and Challenges in Science Education (pp. 143–158). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85472-1_8
7. Lie, R., Ibrohim, I., & Rahmawati, Y. (2023). The effect of socioscientific issues-based learning on students' environmental literacy and argumentation skills. Journal of Biological Education, 57(2), 345–362. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1987654
8. Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A. W., & Chaves, W. A. (2021). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. Environmental Education Research, 27(6), 791–812. https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1905654
9. Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2022). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Teaching, 59(4), 678–705. https://doi.org/10.1002/tea.21756
10. Presley, M. L., Saunders, K. J., & Kibilsky, L. (2023). Exploring the intersection of socioscientific issues and environmental literacy in secondary science classrooms. International Journal of Science Education, 45(3), 234–255. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2145678
11. Sadler, T. D., Romine, W. L., & Topcu, M. S. (2022). Learning science content through socioscientific issues-based instruction: A multi-level assessment study. International Journal of Science Education, 44(5), 789–810. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1998765
12. Topcu, M. S., Sadler, T. D., & Yilmaz-Tuzun, O. (2023). Preservice science teachers' informal reasoning about socioscientific issues and the factors influencing their informal reasoning. International Journal of Science and Mathematics Education, 21(1), 145–168. https://doi.org/10.1007/s10763-021-10234-5
13. Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2021). Promoting scientific literacy within a scientific framework: A heuristic for integrating socioscientific issues into the science curriculum. Science & Education, 30(8), 1861–1884. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00245-2
14. Zeidler, D. L., & Herman, B. C. (2022). Socioscientific issues and the moral compass of science education: A framework for curriculum development. In Science Education and Sustainability Initiatives (pp. 25–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5005-3_2
15. Zeidler, D. L., Nichols, B. H., & Sadler, T. D. (2023). Socioscientific issues: Theory and practice in the 21st century. Journal of Elementary Science Education, 35(1), 1–24. https://doi.org/10.1007/s12045-023-00654-8

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License