

Analisis Penguasaan Konsep dan Kesadaran Perubahan Iklim Siswa Kelas X SMA PGRI 1 Pati

Putri Vina Rahmawati, Ipah Budi Minarti*, Eko Retno Mulyaningrum
Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia

*Corresponding Author: ipahbudi@upgris.ac.id
Dikirim: 20-09-2026; Direvisi: 01-10-2026; Diterima: 05-10-2026

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis penguasaan konsep, kesadaran perubahan iklim, serta hubungan keduanya pada siswa kelas X SMA PGRI 1 Pati. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif-korelasional. Subjek penelitian berjumlah 380 siswa kelas X yang dipilih menggunakan teknik sampling jenuh (total sampling). Data dikumpulkan melalui tes penguasaan konsep berupa 16 soal pilihan ganda yang mencakup kemampuan mengingat (C1), memahami (C2), mengaplikasikan (C3), dan menganalisis (C4), serta angket kesadaran perubahan iklim berupa 20 pernyataan skala Likert yang mencakup aspek pengetahuan, sikap, dan tindakan. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan korelasi peringkat Spearman. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata penguasaan konsep sebesar 70,9 dengan variasi kemampuan antarsiswa yang cukup besar. Capaian tertinggi terdapat pada kemampuan mengingat dan mengaplikasikan, sedangkan terendah pada kemampuan menganalisis interaksi sains, teknologi, dan masyarakat. Kesadaran perubahan iklim memiliki rata-rata 76,9 dan berada pada kategori tinggi, dengan aspek tindakan sebagai capaian tertinggi. Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang sangat lemah dan tidak signifikan antara penguasaan konsep dan kesadaran perubahan iklim. Temuan menunjukkan bahwa penguasaan konsep tidak secara otomatis berkaitan dengan kesadaran siswa. Pembelajaran perubahan iklim perlu mengintegrasikan penguatan konsep, pengalaman kontekstual, refleksi nilai, dan aksi lingkungan berbasis masalah lokal.

Kata Kunci: kesadaran iklim; literasi iklim; penguasaan konsep; pendidikan biologi.

Abstract: This study aimed to analyze concept mastery, climate change awareness, and their relationship among tenth-grade students at SMA PGRI 1 Pati. A quantitative approach with a descriptive-correlational design was employed. The subjects consisted of 380 tenth-grade students selected using saturated sampling (total sampling). Data were collected through a 16-item multiple-choice concept mastery test covering remembering (C1), understanding (C2), applying (C3), and analyzing (C4), and a 20-item Likert-scale questionnaire covering climate change knowledge, attitudes, and actions. Data were analyzed using descriptive statistics and Spearman's rank correlation. The results showed that the mean concept mastery score was 70.9, with considerable variation among students. The highest achievement was found in remembering and applying skills, while the lowest was found in analyzing interactions among science, technology, and society. Climate change awareness had a mean score of 76.9 and was categorized as high, with action showing the highest achievement. Correlation analysis indicated a very weak and non-significant relationship between concept mastery and climate change awareness. These findings indicate that conceptual mastery is not automatically associated with students' awareness. Climate change education should integrate conceptual strengthening, contextual experiences, value reflection, and environmental action based on local issues.

Keywords: climate awareness; climate literacy; concept mastery; biology education.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah berkembang dari isu lingkungan menjadi persoalan sosial-ekologis yang memengaruhi kesehatan, ketahanan pangan, ekosistem, ekonomi, dan keberlanjutan pendidikan. Laporan ilmiah global menegaskan bahwa aktivitas manusia telah meningkatkan suhu permukaan bumi dan memperbesar risiko kejadian ekstrem, sehingga generasi muda tidak hanya menjadi kelompok yang akan menerima dampak jangka panjang, tetapi juga aktor penting dalam mitigasi dan adaptasi (IPCC, 2021);(IPCC, 2023). Dalam konteks sekolah, tantangan tersebut menuntut pendidikan perubahan iklim yang mampu menjelaskan mekanisme ilmiah secara akurat, membantu siswa menilai bukti, dan menumbuhkan kemampuan mengambil keputusan yang bertanggung jawab.

Kebutuhan tersebut relevan bagi pendidikan sains dan biologi karena materi perubahan iklim mempertemukan konsep sistem bumi, ekologi, siklus karbon, energi, aktivitas manusia, kesehatan, dan keberlanjutan. Kurikulum nasional juga semakin menempatkan isu perubahan iklim sebagai tema lintas mata pelajaran dan proyek, bukan sekadar materi faktual yang diselesaikan melalui hafalan. Panduan pendidikan perubahan iklim dari Kementerian Pendidikan menekankan pentingnya pembelajaran yang kontekstual, berorientasi solusi, dan terhubung dengan pengalaman peserta didik (Sekarwulan et al., 2024) Artinya, keberhasilan pembelajaran tidak cukup dinilai melalui kemampuan menyebutkan gas rumah kaca atau mendefinisikan pemanasan global, tetapi juga melalui kemampuan menganalisis keterkaitan sebab-akibat dan mempertimbangkan tindakan yang masuk akal.

Penguasaan konsep merupakan fondasi kognitif yang memungkinkan siswa membangun penjelasan ilmiah yang koheren mengenai efek rumah kaca sebagai salah satu mekanisme utama perubahan iklim (Schubatzky et al., 2024). Dalam Taksonomi Bloom revisi, proses kognitif berkembang dari mengingat dan memahami menuju mengaplikasikan dan menganalisis, yang melibatkan tuntutan berpikir semakin kompleks (Aydin & Birgili, 2023). Pada isu yang kompleks, capaian kognitif tingkat tinggi penting karena siswa harus membedakan cuaca dan iklim, menilai hubungan aktivitas manusia dengan emisi, membaca data, serta menghubungkan teknologi dan kebijakan dengan dampak lingkungan. Kajian pada remaja Indonesia menunjukkan bahwa pengetahuan perubahan iklim masih tidak merata dan beberapa konsep kunci belum dipahami secara memadai (Martha et al., 2025). Penelitian pada siswa kelas X juga memperlihatkan bahwa persepsi dan pemahaman iklim perlu diintegrasikan dengan pembelajaran agar mendukung mitigasi dan adaptasi (Kundariati et al., 2024).

Di sisi lain, kesadaran perubahan iklim merupakan konstruk yang lebih luas daripada pengetahuan. Kesadaran mencakup pemahaman terhadap masalah, kepedulian dan evaluasi afektif, serta kecenderungan untuk terlibat dalam tindakan pro-lingkungan. Instrumen kesadaran untuk siswa sekolah menengah umumnya menggabungkan aspek pengetahuan, sikap, dan kesiapan bertindak karena individu dapat mengetahui suatu masalah tanpa menilai masalah tersebut mendesak atau tanpa merasa mampu melakukan tindakan (Gönen et al., 2023). Penelitian psikologi lingkungan menunjukkan bahwa emosi, rasa tanggung jawab, nilai biosferik, norma sosial, dan persepsi risiko dapat mengarahkan tindakan iklim (Bouman et al., 2020); (Brosch, 2021); (Koessler et al., 2022). Oleh sebab itu, kesadaran perubahan iklim tidak dapat diperlakukan sebagai keluaran kognitif semata.



Sejumlah penelitian menemukan bahwa pendidikan lingkungan dapat meningkatkan pengetahuan, sikap, niat, dan perilaku, tetapi besar pengaruhnya bervariasi antarkonteks dan antartipe hasil belajar. Meta-analisis (Van de Wetering et al., 2022) menunjukkan peningkatan paling besar pada pengetahuan, sedangkan perubahan sikap, niat, dan perilaku cenderung lebih kecil dan heterogen. (Zhang et al., 2022) menemukan bahwa pengetahuan perubahan iklim dapat berhubungan dengan sikap dan kemauan berpartisipasi melalui tanggung jawab lingkungan. (Kolenatý et al., 2022) juga menunjukkan bahwa program pendidikan iklim dapat meningkatkan literasi dan kemauan bertindak, tetapi proses tersebut melibatkan kepedulian dan efikasi diri. Temuan-temuan ini mengisyaratkan bahwa pengetahuan penting, namun pengaruhnya terhadap kesadaran dan tindakan kemungkinan bersifat tidak langsung.

Kesenjangan penelitian terletak pada terbatasnya bukti kuantitatif yang secara bersamaan memetakan penguasaan konsep berdasarkan jenjang kognitif dan kesadaran multidimensi, kemudian menguji hubungan keduanya pada populasi siswa di satu sekolah menengah Indonesia. Banyak studi berfokus pada evaluasi intervensi, pengembangan instrumen, atau pemetaan salah satu variabel. Akibatnya, belum jelas apakah siswa yang memiliki skor konsep lebih tinggi juga secara konsisten menunjukkan kesadaran perubahan iklim yang lebih tinggi dalam konteks pembelajaran reguler. Konteks lokal Pati menambah relevansi penelitian karena wilayah pesisir dan pertanian berhadapan dengan perubahan pola hujan, banjir, kekeringan, serta tekanan terhadap penghidupan. Pengalaman lokal dapat membentuk kesadaran melalui jalur yang berbeda dari penguasaan materi di kelas.

Pemilihan SMA PGRI 1 Pati sebagai lokasi penelitian didasarkan pada relevansi konteks lokal dan kebutuhan akan data empiris mengenai penguasaan konsep serta kesadaran perubahan iklim siswa. Kabupaten Pati merupakan wilayah pesisir utara Jawa Tengah yang menghadapi kerentanan terhadap dampak perubahan iklim, antara lain perubahan pola curah hujan, banjir musiman, kekeringan, serta tekanan terhadap sektor pertanian dan kehidupan masyarakat pesisir. Kondisi tersebut menjadikan perubahan iklim bukan hanya isu global, tetapi juga persoalan yang dekat dengan kehidupan siswa. Dalam konteks pembelajaran, materi perubahan iklim dipelajari secara sistematis pada jenjang kelas X sehingga siswa pada tingkat tersebut relevan untuk dikaji dari aspek penguasaan konsep dan kesadarannya. Hingga saat ini, belum tersedia data empiris yang secara khusus memetakan kedua aspek tersebut pada siswa SMA PGRI 1 Pati, sehingga penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh gambaran awal yang dapat menjadi dasar pengembangan pembelajaran perubahan iklim yang lebih kontekstual sesuai dengan karakteristik lingkungan dan kebutuhan siswa di wilayah Pati.

Kebaruan penelitian terletak pada pembacaan bersama dua profil tersebut dan penafsiran korelasinya untuk merumuskan implikasi pembelajaran. Hasil penelitian diharapkan menjadi data dasar bagi guru dan sekolah untuk menentukan apakah penguatan konsep saja sudah memadai atau perlu dipadukan dengan pengalaman kontekstual, refleksi afektif, dan praktik aksi lingkungan.

KAJIAN TEORI

Penguasaan Konsep Perubahan Iklim

Penguasaan konsep merupakan kemampuan mengorganisasi pengetahuan, menjelaskan hubungan antargagasan, menerapkan prinsip, dan menganalisis persoalan



berdasarkan bukti. Penelitian ini membatasi ranah kognitif pada kemampuan mengingat, memahami, mengaplikasikan, dan menganalisis. Dalam materi perubahan iklim, penguasaan konsep tidak hanya mencakup pemahaman terhadap fakta, tetapi juga pemahaman mengenai penyebab, dampak, mitigasi, adaptasi, serta hubungan sebab-akibat dalam sistem iklim. Pemahaman siswa terhadap perubahan iklim menjadi aspek penting karena penelitian pada siswa kelas X menunjukkan bahwa siswa telah memiliki pemahaman mengenai realitas dan penyebab perubahan iklim, tetapi masih terdapat kesenjangan antara pemahaman dan kesiapan untuk melakukan tindakan mitigasi maupun adaptasi (Kundariati et al., 2024). Oleh karena itu, pembelajaran perubahan iklim perlu diarahkan pada pengembangan pemahaman konseptual yang tidak hanya bersifat faktual, tetapi juga menghubungkan pengetahuan mengenai penyebab, dampak, dan solusi perubahan iklim dengan kehidupan sehari-hari (Kundariati et al., 2025).

Literasi iklim memiliki cakupan lebih luas karena menggabungkan pengetahuan ilmiah, kemampuan menilai informasi, persepsi risiko, nilai, dan kemampuan bertindak. Oleh karena itu, pendidikan perubahan iklim perlu mengintegrasikan pengetahuan, aspek emosional, harapan, agensi, dan partisipasi dalam tindakan (Höhle & Bengtsson, 2023); (Finnegan & d'Abreu, 2024). Pendidikan perubahan iklim berkaitan erat dengan pendidikan untuk keberlanjutan karena keduanya membekali peserta didik dengan pemahaman, pengetahuan, dan kapasitas untuk merespons masalah lingkungan. Dalam asesmen, literasi iklim merupakan konstruk multidimensional yang mencakup pengetahuan, penalaran, sikap, dan tindakan; karena definisi dan pengukurannya beragam, domain yang diukur perlu disesuaikan dengan tujuan asesmen (Sato & Park, 2025). Dalam pembelajaran, pendekatan penyelidikan mengaitkan konsep iklim dengan fenomena nyata di sekitar siswa, (Brumann et al., 2022) menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat diterapkan di pendidikan menengah atas dengan mengeksplorasi aspek perubahan iklim sesuai konteks wilayah siswa.

Kesadaran Perubahan Iklim

Kesadaran perubahan iklim dalam penelitian ini mencakup aspek kognitif, afektif, dan konatif. Aspek kognitif berkaitan dengan pengetahuan mengenai fenomena, penyebab, dampak, mitigasi, dan adaptasi; aspek afektif meliputi kepedulian, tanggung jawab, kekhawatiran, dan persepsi urgensi; sedangkan aspek konatif berkaitan dengan niat dan kecenderungan melakukan tindakan pro-lingkungan. Ketiga aspek tersebut saling berkaitan, tetapi tidak selalu berkembang pada tingkat yang sama. Persepsi remaja terhadap perubahan iklim juga dipengaruhi oleh pengalaman, pengetahuan, dan konteks sosial (Lee et al., 2022).

Aspek emosional dan sosial turut membentuk kesadaran. Kekhawatiran terhadap perubahan iklim dapat berkaitan dengan tanggung jawab dan tindakan (Bouman et al., 2020); (Brosch, 2021), sedangkan kecemasan iklim juga berkaitan dengan respons pro-lingkungan dan kesejahteraan (Ogunbode et al., 2022). Norma sosial kelompok sebaya juga berhubungan dengan perilaku ramah iklim remaja (Koessler et al., 2022). Kesadaran tidak hanya dibentuk melalui pembelajaran formal, tetapi juga pengalaman lingkungan, nilai, emosi, dan lingkungan sosial. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (K. Tang, 2025) yang memandang konsepsi perubahan iklim pada siswa Indonesia melalui dimensi kognitif, afektif, dan perilaku.



Hubungan Penguasaan Konsep dan Kesadaran

Pengetahuan secara teoritis menjadi dasar pembentukan sikap dan tindakan, tetapi hubungan pengetahuan dan perilaku tidak selalu linear. (Zhang et al., 2022) menunjukkan bahwa pengetahuan perubahan iklim pada remaja berkaitan dengan sikap dan kemauan berpartisipasi, sedangkan tanggung jawab lingkungan menjadi salah satu faktor yang menghubungkan keduanya. Meta-analisis (Van de Wetering et al., 2022) juga menunjukkan bahwa pendidikan lingkungan memberikan pengaruh terhadap pengetahuan, sikap, intensi, dan perilaku dengan besaran efek yang berbeda pada setiap domain.

Hubungan tersebut menunjukkan adanya kemungkinan *knowledge-action gap*, yaitu kondisi ketika pengetahuan tidak secara otomatis menghasilkan tindakan. (Sobari et al., 2023) menunjukkan keterkaitan kemampuan berpikir kritis dengan *sustainability consciousness*, sedangkan (Garrecht et al., 2026) menemukan bahwa persepsi risiko dan orientasi nilai berkontribusi terhadap kemauan siswa melakukan tindakan iklim. Oleh karena itu, korelasi rendah antara penguasaan konsep dan kesadaran tidak berarti pengetahuan tidak penting, tetapi dapat menunjukkan adanya pengaruh faktor lain seperti persepsi risiko, nilai, emosi, norma sosial, dan pengalaman.

Berdasarkan kerangka tersebut, penelitian ini tidak mengasumsikan bahwa penguasaan konsep secara otomatis meningkatkan kesadaran. Korelasi Spearman digunakan untuk mengetahui pola hubungan empiris tanpa menyimpulkan sebab-akibat. Penguasaan konsep merepresentasikan kemampuan kognitif, sedangkan kesadaran mencakup pengetahuan, sikap, dan tindakan, sehingga keduanya perlu dianalisis sebagai konstruk yang saling berkaitan tetapi tidak identik.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif-korelasional. Desain deskriptif digunakan untuk memetakan penguasaan konsep dan kesadaran perubahan iklim, sedangkan desain korelasional digunakan untuk menguji arah dan kekuatan hubungan kedua variabel tanpa memberikan perlakuan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat penguasaan konsep perubahan iklim siswa kelas X, menganalisis tingkat kesadaran perubahan iklim yang meliputi aspek pengetahuan, sikap, dan tindakan, serta mendeskripsikan hubungan antara penguasaan konsep dan kesadaran perubahan iklim. Penelitian dilaksanakan di SMA PGRI 1 Pati, Kabupaten Pati, Jawa Tengah, pada semester genap tahun ajaran 2025/2026.

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas X SMA PGRI 1 Pati. Teknik yang digunakan adalah sampling jenuh atau total sampling, sehingga seluruh anggota populasi dijadikan responden. Hasil penelitian melaporkan jumlah responden sebanyak 380 siswa untuk statistik deskriptif utama dan uji korelasi. Penggunaan seluruh populasi sekolah dimaksudkan untuk memperoleh profil yang komprehensif bagi kebutuhan evaluasi pembelajaran di lokasi penelitian.

Penguasaan konsep perubahan iklim diukur menggunakan tes pilihan ganda sebanyak 16 butir. Setiap jawaban benar diberi skor satu dan jawaban salah diberi skor nol, kemudian skor dikonversi ke skala 0-100. Empat kelompok indikator masing-masing terdiri atas empat butir, yaitu mengingat konsep dasar perubahan iklim, memahami informasi atau data ilmiah, mengaplikasikan hubungan sebab-akibat dan solusi, serta menganalisis interaksi sains, teknologi, dan masyarakat. Skor penguasaan



konsep dikelompokkan menjadi tinggi apabila lebih dari 80, sedang pada rentang 60-80, dan rendah apabila kurang dari 60.

Tabel 1. Indikator Penguasaan Konsep Perubahan Iklim

Indikator	Deskripsi	Nomor Soal
Sains sebagai kumpulan pengetahuan (C1/Mengingat)	Mengidentifikasi dan menjelaskan konsep dasar perubahan iklim	1–4
Sains sebagai cara penyelidikan (C2/Memahami)	Mengolah dan menganalisis data ilmiah terkait perubahan iklim	5–8
Sains sebagai cara berpikir (C3/Mengaplikasikan)	Menganalisis hubungan sebab-akibat dan merumuskan solusi perubahan iklim	9–12
Interaksi sains, teknologi, dan masyarakat (C4/Menganalisis)	Mengevaluasi peran manusia dan teknologi dalam permasalahan perubahan iklim	13–16

Kesadaran perubahan iklim diukur menggunakan 20 pernyataan skala Likert lima tingkat. Pernyataan mencakup pengetahuan tentang fenomena, penyebab, dampak, mitigasi dan adaptasi; sikap berupa kepedulian, tanggung jawab, kekhawatiran, dan penilaian terhadap urgensi; serta tindakan berupa niat menghemat energi, mengurangi konsumsi, mengikuti kegiatan, mendukung program sekolah, dan mengajak orang lain. Skor dikonversi ke skala 0-100 dan dikelompokkan menggunakan batas kategori yang sama. Instrumen yang menjadi dasar adaptasi dalam proposal dilaporkan memiliki koefisien reliabilitas 0,83. Artikel ini disusun berdasarkan hasil pengolahan yang tersedia, informasi uji validitas dan reliabilitas ulang pada sampel penelitian perlu dilengkapi apabila tersedia sebelum dikirimkan ke jurnal.

Analisis dilakukan melalui nilai rata-rata, median, minimum, maksimum, simpangan baku, distribusi kategori, dan persentase capaian per indikator. Hubungan kedua variabel diuji menggunakan korelasi peringkat Spearman pada taraf signifikansi 0,05. Spearman dipilih karena sesuai untuk menguji hubungan monoton berbasis peringkat dan lebih tahan terhadap distribusi yang tidak normal serta nilai ekstrem dibandingkan korelasi Pearson. Keputusan statistik ditentukan berdasarkan nilai signifikansi dan besaran koefisien, tanpa menafsirkan korelasi sebagai hubungan kausal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penguasaan Konsep dan Kesadaran

Statistik deskriptif menunjukkan perbedaan pola sebaran kedua variabel. Penguasaan konsep memiliki rata-rata 70,9 dan simpangan baku 24,9, sedangkan kesadaran perubahan iklim memiliki rata-rata 76,9 dan simpangan baku 9,39. Variasi skor konsep jauh lebih lebar, yang berarti kemampuan kognitif siswa lebih heterogen dibandingkan respons kesadaran. Median penguasaan konsep sebesar 75 sedikit lebih tinggi daripada rata-rata, sedangkan median kesadaran sebesar 76 hampir sama dengan rata-ratanya.

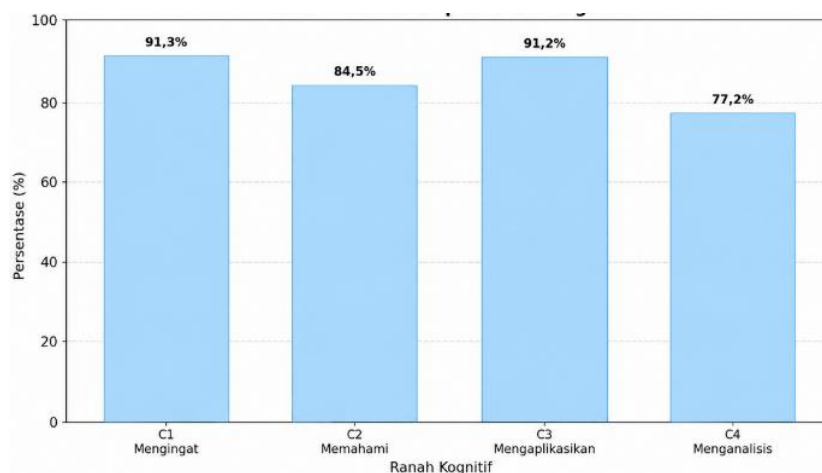
Tabel 2. Statistik Deskriptif Penguasaan Konsep dan Kesadaran Perubahan Iklim

Statistik	Penguasaan konsep	Kesadaran perubahan iklim
Rata-rata	70,9	76,9
Median	75	76



Statistik	Penguasaan konsep	Kesadaran perubahan iklim
Minimum	6	40
Maksimum	100	100
Simpangan baku	24,9	9,39
Jumlah responden	380	380

Pada indikator kognitif, capaian tertinggi terdapat pada C1 atau mengingat sebesar 91,3% dan C3 atau mengaplikasikan sebesar 91,2%. C2 atau memahami mencapai 84,5%, sedangkan C4 atau menganalisis mencapai 77,2%. Pola tersebut menunjukkan bahwa siswa relatif mampu mengenali konsep dasar dan menerapkannya pada situasi yang diberikan, tetapi capaian menurun ketika tuntutan kognitif mengarah pada analisis. Temuan ini relevan dengan penelitian (Martin et al., 2025) yang menunjukkan bahwa literasi iklim pada siswa sekolah menengah tidak cukup dinilai melalui penguasaan pengetahuan faktual, tetapi juga perlu mencakup kemampuan menghasilkan dan mengevaluasi informasi, berkomunikasi, serta melakukan evaluasi normatif. Capaian C4 yang lebih rendah mengindikasikan bahwa kemampuan menggunakan pengetahuan untuk menganalisis persoalan perubahan iklim yang bersifat multidimensional masih perlu diperkuat.

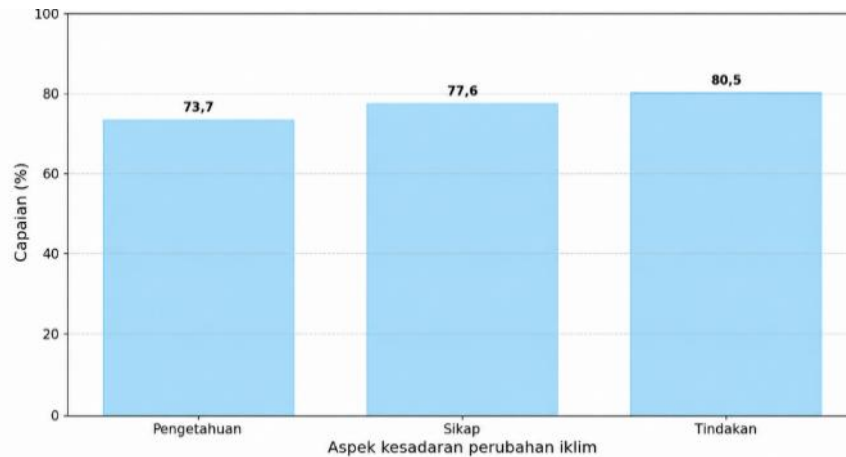


Gambar 1. Capaian Penguasaan Konsep berdasarkan Ranah Kognitif

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesadaran perubahan iklim berada pada tingkat yang relatif lebih merata. Aspek pengetahuan mencapai 73,7%, sikap 77,6%, dan tindakan 80,5%. Capaian tindakan menjadi yang tertinggi, tetapi skor ini merepresentasikan kecenderungan dan laporan diri, bukan observasi langsung atas frekuensi perilaku. Pola pengetahuan, sikap, dan tindakan yang tidak sepenuhnya sejajar juga ditemukan dalam penelitian (Hakim & Sudaryo, 2023) pada siswa SMA di Indonesia. Penelitian tersebut melaporkan bahwa aspek pengetahuan berada pada tingkat yang lebih rendah dibandingkan aspek sikap dan perilaku, sehingga penguatan literasi iklim tidak hanya membutuhkan penyampaian pengetahuan, tetapi juga pengalaman yang memungkinkan siswa menghubungkan pengetahuan dengan tindakan.

Temuan tersebut sejalan dengan meta-analisis (Van de Wetering et al., 2022) yang menunjukkan bahwa pendidikan lingkungan dapat meningkatkan pengetahuan, sikap, intensi, dan perilaku, tetapi besar pengaruhnya berbeda antardomain. Meta-analisis tersebut juga menunjukkan bahwa sebagian besar pengukuran perilaku

menggunakan laporan diri, sehingga hasil perilaku perlu dibedakan dari pengamatan perilaku aktual. Oleh karena itu, capaian tindakan sebesar 80,5% dalam penelitian ini lebih tepat dimaknai sebagai kecenderungan tindakan yang dilaporkan siswa, bukan bukti bahwa seluruh siswa secara aktual telah melakukan perilaku pro-lingkungan dengan frekuensi yang sama.



Gambar 2. Capaian Kesadaran Perubahan Iklim berdasarkan Aspek

Distribusi Kategori

Distribusi kategori menunjukkan bahwa penguasaan konsep didominasi kategori sedang sebanyak 157 siswa (41,3%), diikuti kategori tinggi sebanyak 134 siswa (35,3%) dan rendah sebanyak 89 siswa (23,4%). Sebaliknya, kesadaran perubahan iklim didominasi kategori tinggi sebanyak 196 siswa (51,6%), diikuti kategori sedang sebanyak 173 siswa (45,5%) dan rendah sebanyak 11 siswa (2,9%). Perbedaan distribusi tersebut memperlihatkan bahwa proporsi siswa dengan kesadaran tinggi lebih besar daripada proporsi siswa dengan penguasaan konsep tinggi.

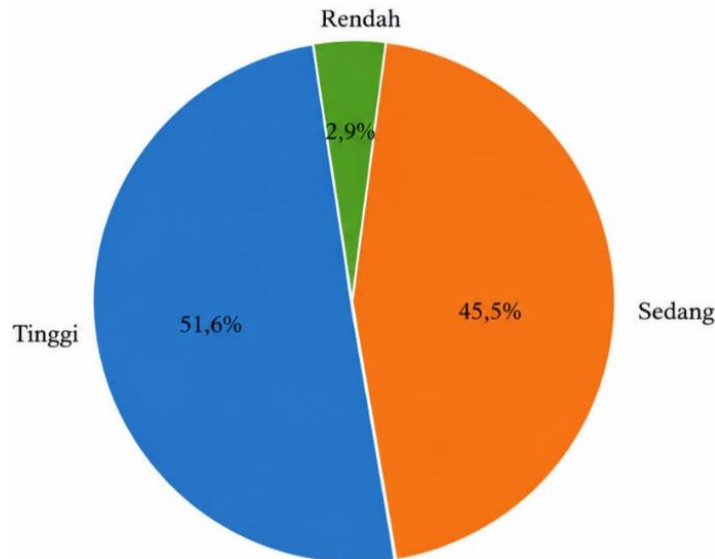
Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kesadaran perubahan iklim tidak selalu berkembang secara proporsional dengan penguasaan konsep. Temuan ini didukung oleh (Tolppanen et al., 2022), yang menemukan bahwa pembelajaran perubahan iklim dapat meningkatkan pengetahuan ilmiah, tetapi peningkatan tersebut tidak selalu diikuti perubahan yang sama pada pengetahuan tindakan maupun kemauan melakukan aksi mitigasi. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa domain kognitif dan domain tindakan dapat mengalami perkembangan dengan pola yang berbeda.

Hubungan antara pengetahuan dan tindakan tidak dapat dipahami secara sederhana sebagai hubungan yang selalu terputus. (Kolenatý et al., 2022), misalnya, menemukan bahwa pengetahuan perubahan iklim dapat berperan sebagai pemicu awal melalui peningkatan kepedulian, efikasi diri, dan kemauan bertindak. Pengetahuan tetap merupakan komponen penting, sedangkan proses menuju tindakan dapat melibatkan faktor psikososial lain.

Tabel 3. Distribusi Kategori Penguasaan Konsep dan Kesadaran Perubahan Iklim

Variabel	Kategori	Rentang skor	Frekuensi	Proporsi terklasifikasi
Penguasaan konsep	Tinggi	> 80	134	35,3%
	Sedang	60-80	157	41,3%
	Rendah	< 60	89	23,4%

Variabel	Kategori	Rentang skor	Frekuensi	Proporsi terklasifikasi
Kesadaran perubahan iklim	Tinggi	> 80	196	51,4%
	Sedang	60-80	173	45,5%
	Rendah	< 60	11	2,9%



Gambar 3. Proporsi Kategori Kesadaran Perubahan Iklim pada Kasus Penguasaan Konsep Rendah

Hubungan Penguasaan Konsep dan Kesadaran

Uji korelasi peringkat Spearman menghasilkan koefisien $\rho = -0,008$ dengan nilai signifikansi $p = 0,882$ pada $n = 380$. Nilai koefisien yang sangat dekat dengan nol menunjukkan hubungan monoton yang sangat lemah, sedangkan nilai p yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa tidak terdapat bukti statistik yang cukup untuk menyatakan adanya hubungan yang signifikan antara penguasaan konsep dan kesadaran perubahan iklim pada responden penelitian.

Hasil ini menunjukkan bahwa siswa dengan penguasaan konsep yang lebih tinggi tidak secara konsisten menunjukkan skor kesadaran yang lebih tinggi. Temuan tersebut dapat dipahami dalam konteks literatur yang menunjukkan bahwa hubungan pengetahuan dan tindakan lingkungan bersifat multidimensional. (Colombo et al., 2023) menjelaskan bahwa pengetahuan saja tidak selalu cukup untuk menghasilkan perubahan perilaku karena terdapat faktor lain, seperti nilai, motivasi, norma sosial, persepsi terhadap konsekuensi, serta hambatan situasional.

Temuan penelitian ini juga memiliki relevansi dengan (Garrecht et al., 2026), yang berdasarkan data 1.309 siswa di Jerman dan Swedia menemukan bahwa persepsi risiko dan orientasi nilai memiliki daya prediksi yang relatif lebih besar terhadap kemauan melakukan aksi iklim dibandingkan faktor kognitif. Hasil tersebut memberikan kemungkinan penjelasan bahwa kesadaran perubahan iklim dalam penelitian ini tidak hanya berkaitan dengan penguasaan konsep, tetapi juga dengan faktor psikososial yang tidak diukur secara langsung.

Korelasi $\rho = -0,008$ tidak dapat diartikan bahwa pengetahuan perubahan iklim tidak penting. Hasil tersebut lebih tepat menunjukkan bahwa penguasaan konsep yang

diukur dalam penelitian ini belum menunjukkan hubungan linear/monoton dengan kesadaran perubahan iklim. Pendidikan perubahan iklim perlu mengintegrasikan penguasaan konsep dengan pengalaman kontekstual, pemecahan masalah nyata, penguatan efikasi diri, refleksi nilai, serta kesempatan melakukan aksi lingkungan. Hal ini sejalan dengan (Hakim & Sudaryo, 2023) yang menunjukkan bahwa literasi iklim siswa SMA mencakup dimensi pengetahuan, sikap, dan perilaku dengan mencapai yang tidak selalu sama.

Tabel 4. Hasil Uji Korelasi Spearman

Parameter	Nilai	Interpretasi
Koefisien korelasi	-0,008	Sangat lemah, mendekati nol
Signifikansi	0,882	Tidak signifikan
Jumlah responden	380	Sesuai laporan korelasi
Keputusan	H0 diterima	Tidak ada hubungan signifikan

Pembahasan Penguasaan Konsep

Rata-rata penguasaan konsep sebesar 70,9 menunjukkan bahwa secara umum siswa telah mencapai penguasaan menengah, tetapi simpangan baku yang besar memperlihatkan kesenjangan kemampuan yang nyata. Rentang skor 6 sampai 100 menandakan bahwa kelas tidak dapat diperlakukan sebagai kelompok yang homogen. Sebagian siswa telah menguasai materi dengan sangat baik, sedangkan kelompok lain membutuhkan penguatan konsep dasar dan diagnostik miskonsepsi. Profil ini sejalan dengan temuan nasional yang menunjukkan variasi pengetahuan perubahan iklim remaja Indonesia dan perlunya pendidikan yang mempertimbangkan keragaman latar belakang serta akses informasi (Martha et al., 2025).

Capaian C1 dan C3 yang sangat tinggi menunjukkan bahwa siswa cukup berhasil mengenali konsep serta menerapkan hubungan sebab-akibat pada bentuk soal yang tersedia. Namun, tingginya C3 dibandingkan C2 perlu dibaca bersama karakter butir, bukan langsung ditafsirkan sebagai hierarki kemampuan yang telah mapan. Kesulitan terbesar pada C4 memberi informasi yang lebih substantif. Analisis interaksi sains, teknologi, dan masyarakat menuntut siswa mempertimbangkan banyak variabel, mengevaluasi trade-off, dan menilai solusi dalam konteks sosial. Keterampilan ini tidak tumbuh hanya dari paparan fakta, tetapi memerlukan dialog argumentatif, analisis data, studi kasus, dan pengambilan keputusan.

Temuan tersebut mendukung rekomendasi bahwa pendidikan perubahan iklim perlu mengaitkan materi dengan kehidupan siswa, menggunakan pembelajaran aktif dan praktis, membahas miskonsepsi secara eksplisit, memfasilitasi dialog berbasis inkuiri mengenai isu kontroversial, serta melibatkan siswa dalam kegiatan sekolah atau komunitas yang mendorong tindakan iklim nyata (K. H. D. Tang, 2022); (Kolenatý et al., 2022); (Steffensen et al., 2023). Pendekatan partisipatif, seperti dialog berbasis inkuiri dan permainan peran, memberi siswa ruang untuk menghubungkan pengetahuan ilmiah dengan nilai, pengalaman, perbedaan perspektif, serta kompleksitas sosial dan politik dalam pengambilan keputusan terkait perubahan iklim (Steffensen et al., 2023); (Stoeth & Carter, 2023). Bagi konteks Pati, topik banjir pesisir, kekeringan pertanian, perubahan musim, sampah, konsumsi energi, dan adaptasi masyarakat dapat dijadikan kasus. Siswa dapat membandingkan data, mengidentifikasi pihak terdampak, menilai alternatif teknologi, lalu menyusun rekomendasi berbasis bukti.



Pembahasan Kesadaran Perubahan Iklim

Rata-rata kesadaran sebesar 76,9 menunjukkan bahwa siswa secara umum mengenali isu perubahan iklim dan menampilkan kepedulian serta kecenderungan tindakan yang positif. Dominasi kategori tinggi dan sedang memperlihatkan bahwa perubahan iklim bukan isu yang sepenuhnya asing. Pengalaman terhadap cuaca ekstrem, pemberitaan bencana, kegiatan sekolah, norma keluarga, dan kampanye lingkungan dapat membuat isu tersebut terasa dekat meskipun penguasaan konsep akademik beragam. Temuan (Kundariati et al., 2024) juga menekankan pentingnya persepsi siswa sebagai dasar mitigasi dan adaptasi.

Aspek tindakan memperoleh capaian tertinggi, diikuti sikap dan pengetahuan. Pola ini tampak optimistis, tetapi perlu ditafsirkan secara hati-hati karena angket mengukur pernyataan diri, niat, atau persetujuan terhadap perilaku yang dianggap baik. Meta-analisis (Van de Wetering et al., 2022) mencatat bahwa banyak hasil perilaku dalam pendidikan lingkungan diukur melalui laporan diri. Respons dapat dipengaruhi keinginan memberi jawaban yang diterima secara sosial. Oleh karena itu, skor tindakan yang tinggi belum membuktikan bahwa perilaku hemat energi, pengurangan plastik, atau partisipasi lingkungan dilakukan secara konsisten.

Tingginya sikap dan kecenderungan tindakan dapat menjadi modal dalam pendidikan. Guru tidak perlu memulai dari ruang hampa, tetapi perlu mengubah niat menjadi kompetensi aksi yang dapat diukur. Proyek audit sampah kelas, pemantauan konsumsi listrik, pemetaan titik genangan, kebun sekolah, atau kampanye berbasis data dapat menghasilkan bukti perilaku yang lebih kuat daripada angket. Pendidikan perubahan iklim yang efektif tidak cukup hanya memperkuat pengetahuan siswa, tetapi juga perlu menumbuhkan motivasi dan harapan serta mengembangkan kompetensi bertindak agar siswa mampu berpartisipasi dalam merespons perubahan iklim (Finnegan, 2023); (Thacker, 2024). Oleh karena itu, aksi tidak ditempatkan sebagai kegiatan tambahan setelah materi selesai, tetapi menjadi bagian dari proses memahami konsep.

Hubungan Korelasi Penguasaan Konsep dan Kesadaran Perubahan Iklim

Koefisien $-0,008$ menunjukkan bahwa perbedaan skor penguasaan konsep hampir tidak berkaitan dengan perbedaan skor kesadaran dalam data ini. Temuan tersebut menolak dugaan sederhana bahwa siswa yang mengetahui lebih banyak selalu lebih peduli atau lebih siap bertindak. Namun, hasil ini tidak boleh ditafsirkan bahwa pengetahuan tidak penting. Korelasi yang tidak signifikan hanya menunjukkan bahwa hubungan langsung dan monoton tidak terdeteksi melalui dua instrumen pada konteks serta waktu pengukuran ini.

Sejumlah penjelasan dapat diajukan. Pertama, domain instrumen berbeda. Tes pilihan ganda menilai ketepatan jawaban kognitif, sedangkan angket kesadaran memuat penilaian diri, emosi, nilai, dan kecenderungan tindakan. Siswa dapat memiliki kebiasaan ramah lingkungan karena aturan sekolah atau keluarga tanpa dapat menjelaskan mekanisme perubahan iklim secara mendalam. Sebaliknya, siswa dengan skor konsep tinggi dapat memahami masalah tetapi merasa tindakan individu tidak efektif. Kedua, variasi skor kesadaran relatif sempit dibandingkan skor konsep. Homogenitas yang tinggi dapat mengurangi kemampuan statistik untuk menangkap kovariasi.

Ketiga, hubungan pengetahuan dan tindakan mungkin dimediasi faktor lain. (Zhang et al., 2022) menunjukkan bahwa tanggung jawab lingkungan dapat

menjembatani pengetahuan dengan sikap dan kemauan berpartisipasi. (Kolenatý et al., 2022) menemukan bahwa pengetahuan dapat menjadi pemicu awal, tetapi kepedulian dan efikasi diri berperan dalam kemauan bertindak. Pada penelitian yang menggabungkan aspek kognitif dan psikososial, persepsi risiko dan orientasi nilai menjadi prediktor yang lebih kuat terhadap kemauan aksi dibandingkan faktor kognitif (Garrecht et al., 2026). Artinya, skor pengetahuan dapat berkontribusi melalui jalur tidak langsung yang tidak tertangkap oleh korelasi bivariat.

Keempat, emosi dan norma sosial dapat bekerja secara mandiri atau berinteraksi dengan pengetahuan. Kekhawatiran terhadap perubahan iklim dapat meningkatkan rasa tanggung jawab dan dukungan tindakan ketika berpijak pada nilai yang dianggap penting (Bouman et al., 2020). Tinjauan (Brosch, 2021) juga memperlihatkan bahwa emosi memengaruhi persepsi dan keputusan iklim. Pada remaja, informasi tentang perilaku teman sebaya atau norma kelompok dapat mengubah pilihan yang ramah iklim (Koessler et al., 2022). Jalur-jalur ini membantu menjelaskan mengapa siswa dengan pengetahuan sedang dapat menunjukkan kesadaran tinggi.

Kelima, pembelajaran yang berorientasi pengetahuan belum tentu memberi kesempatan untuk mempraktikkan tindakan. Istilah kesenjangan pengetahuan-tindakan sering digunakan untuk menggambarkan kondisi tersebut. (Mooney et al., 2022) menunjukkan bahwa pembelajaran iklim dapat mendorong perubahan ketika pengetahuan dikaitkan dengan komunikasi, keterlibatan kewargaan, dan modifikasi gaya hidup. Oleh karena itu, masalahnya bukan memilih antara pengetahuan atau tindakan, melainkan merancang pengalaman yang membuat keduanya saling menguatkan.

Implikasi Pendidikan dan Kontribusi Penelitian

Kontribusi utama penelitian ini adalah menunjukkan ketidaksejajaran profil: penguasaan konsep berada pada tingkat sedang dan sangat beragam, sementara kesadaran relatif tinggi dan homogen. Profil tersebut menuntut strategi dua jalur. Jalur pertama adalah penguatan konseptual, khususnya pada analisis interaksi sains, teknologi, dan masyarakat. Jalur kedua adalah penguatan kualitas kesadaran agar sikap dan niat benar-benar bertumpu pada informasi yang benar serta diwujudkan dalam tindakan yang dapat diamati.

Pembelajaran dapat dirancang melalui siklus masalah lokal, penyelidikan, argumentasi, keputusan, dan aksi. Guru memulai dengan fenomena lokal, misalnya perubahan pola hujan atau sampah plastik. Siswa mengumpulkan data, menguji penjelasan, menelaah pilihan mitigasi dan adaptasi, lalu merancang tindakan pada skala sekolah. Pendekatan ini sejalan dengan bukti bahwa pendidikan lingkungan dapat meningkatkan pengetahuan, sikap, niat, dan perilaku, meskipun efektivitasnya bergantung pada desain dan konteks (Van de Wetering et al., 2022). Asesmen juga perlu menggabungkan tes konsep, rubrik argumentasi, jurnal refleksi, serta bukti aksi agar perubahan tidak hanya tercatat pada angket.

Diferensiasi diperlukan karena hampir seperempat kasus terklasifikasi berada pada kategori konsep rendah. Siswa tersebut memerlukan remediasi konsep dan visualisasi sistem, sedangkan siswa dengan penguasaan tinggi dapat diberi tugas mengevaluasi kebijakan, teknologi, atau konflik kepentingan. Pada saat yang sama, seluruh siswa perlu memperoleh pengalaman aksi yang realistis dan tidak menimbulkan rasa tidak berdaya. Pendidikan iklim yang baik tidak sekadar menambah



kecemasan, tetapi membangun harapan yang berpijak pada kompetensi dan peluang bertindak.

KESIMPULAN

Penguasaan konsep perubahan iklim siswa kelas X memiliki rata-rata 70,9 dengan keragaman yang tinggi. Kemampuan mengingat dan mengaplikasikan menjadi capaian terkuat, sedangkan kemampuan menganalisis interaksi sains, teknologi, dan masyarakat menjadi capaian terendah. Kesadaran perubahan iklim memiliki rata-rata 76,9 dan berada pada kategori tinggi, dengan capaian tindakan lebih tinggi daripada sikap dan pengetahuan. Uji Spearman menunjukkan hubungan yang sangat lemah dan tidak signifikan antara penguasaan konsep dan kesadaran perubahan iklim. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penguasaan konsep yang lebih tinggi tidak secara otomatis diikuti kesadaran perubahan iklim yang lebih tinggi pada responden penelitian. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa kesadaran iklim dibentuk oleh kombinasi pengetahuan, emosi, nilai, persepsi risiko, norma sosial, pengalaman, dan kesempatan bertindak. Pembelajaran biologi perlu mengintegrasikan penguatan konsep dengan penyelidikan masalah yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, pendekatan kearifan lokal, diskusi berbasis bukti, refleksi nilai, serta aksi lingkungan yang dapat diamati. Kesimpulan dibatasi oleh desain korelasional, penggunaan angket laporan diri, cakupan satu sekolah, tidak dikontrolnya variabel perancu, dan ketidaklengkapan tabulasi kategori. Penelitian lanjutan perlu menggunakan data longitudinal atau eksperimen, mengukur mediator psikososial, dan menilai perilaku secara langsung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala SMA PGRI 1 Pati beserta guru dan siswa kelas X yang telah memberikan izin serta berpartisipasi dalam pengumpulan data penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ADDIN Mendeley Bibliography CSL_BIBLIOGRAPHY Aydin, U., & Birgili, B. (2023). Assessing mathematical higher-order thinking skills: An analysis of Turkish university entrance examinations. *Educational Assessment*, 28(3), 190–209. <https://doi.org/10.1080/10627197.2023.2202311>
- Bouman, T., Verschoor, M., Albers, C. J., Böhm, G., Fisher, S. D., Poortinga, W., Whitmarsh, L., & Steg, L. (2020). When worry about climate change leads to climate action: How values, worry and personal responsibility relate to various climate actions. *Global Environmental Change*, 62, 102061. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102061>
- Brosch, T. (2021). Affect and emotions as drivers of climate change perception and action: A review. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.02.001>
- Brumann, S., Ohl, U., & Schulz, J. (2022). Inquiry-based learning on climate change in upper secondary education: A design-based approach. *Sustainability*, 14(6),



3544. <https://doi.org/10.3390/su14063544>

Change, I. P. on C. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Change, I. P. on C. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Colombo, S. L., Chiarella, S. G., Lefrançois, C., Fradin, J., Raffone, A., & Simione, L. (2023). Why knowing about climate change is not enough to change: A perspective paper on the factors explaining the environmental knowledge-action gap. *Sustainability*, 15(20), 14859. <https://doi.org/10.3390/su152014859>

Finnegan, W. (2023). Educating for hope and action competence: A study of secondary school students and teachers in England. *Environmental Education Research*, 29(11), 1617–1636. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2120963>

Finnegan, W., & d'Abreu, C. (2024). The hope wheel: A model to enable hope-based pedagogy in climate change education. *Frontiers in Psychology*, 15, 1347392. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1347392>

Garrecht, C., Christenson, N., Gericke, N., Haglund, J., Appelgren, J., & Harms, U. (2026). Unpacking climate literacy in science education: What explains students' willingness to engage in climate action? *Journal of Research in Science Teaching*, 63(4–5), 393–411. <https://doi.org/10.1002/tea.70045>

Gönen, Ç., Deveci, E. Ü., & Aydede, M. N. (2023). Development and validation of climate change awareness scale for high school students. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 4525–4537. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02213-w>

Hakim, D., & Sudaryo, Y. (2023). *Manajemen Investasi dan Teori Portofolio*. Andi Offset.

Höhle, J. V., & Bengtsson, S. L. (2023). A didactic toolkit for climate change educators: Lessons from constructive journalism for emotionally sensitive and democratic content design. *Environmental Education Research*, 29(11), 1659–1677. <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2182746>

Koessler, A.-K., Vorlauffer, T., & Fiebelkorn, F. (2022). Social norms and climate-friendly behavior of adolescents. *PLOS ONE*, 17(4), e0266847. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266847>

Kolenatý, M., Kroufek, R., & Činčera, J. (2022). What triggers climate action: The impact of a climate change education program on students' climate literacy and their willingness to act. *Sustainability*, 14(16), 10365. <https://doi.org/10.3390/su141610365>

Kundariati, M., Ibrohim, I., Rohman, F., Nida, S., Fachrunnisa, R., & Abdul Razak, S. (2025). Navigating climate change education (CCE): A framework for implementation in Indonesia. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(3). <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i3.41767>

Kundariati, M., Ibrohim, Rohman, F., Nida, S., Hayuana, W., & Putra, Z. A. Z. (2024).



- Exploring students' climate change perception: The key factor of climate change mitigation and adaptation. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 185–194. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.32655>
- Lee, B., Lee, S., & Jho, H. (2022). Analysis of primary and secondary students' perceptions and attitudes toward climate change. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 12(2), 153–163. <https://doi.org/10.22368/ksecce.2022.12.2.153>
- Martha, E., Besral, Zainita, U. H., Rilfi, N. A., & Aminudin, S. A. (2025). Adolescents' knowledge on climate change: A nationwide study in Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(4), 571. <https://doi.org/10.3390/ijerph22040571>
- Martin, M., Stadler, M., Künsting, J., Schwichow, M., Asshoff, R., Bender, U., Birke, F., Carrapatoso, A., Grundmeier, A.-M., Höger, C., Schuler, S., Stemmann, J., & Rieß, W. (2025). Assessing climate literacy in secondary schools: Development and validation of an interdisciplinary competence test. *Frontiers in Education*, 10, 1637522. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1637522>
- Mooney, M. E., Middlecamp, C., Martin, J., & Ackerman, S. A. (2022). The demise of the knowledge-action gap in climate change education. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(10), E2265–E2272. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0256.1>
- Ogunbode, C. A., Doran, R., Hanss, D., Ojala, M., Salmela-Aro, K., & van den Broek, K. L. (2022). Climate anxiety, wellbeing and pro-environmental action: Correlates of negative emotional responses to climate change in 32 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 84, 101887. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101887>
- Sato, F. E., & Park, J. (2025). A systematic review of climate change literacy assessment methods. *The Journal of Environmental Education*, 56(1), 65–83. <https://doi.org/10.1080/00958964.2024.2385333>
- Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Wackermann, R., Wöhlke, C., & Wildbichler, S. (2024). Navigating the complexities of student understanding: Exploring the coherency of students' conceptions about the greenhouse effect. *Science Education*, 108(4), 1134–1161. <https://doi.org/10.1002/sce.21867>
- Sekarwulan, K., Hendarti, L., Hadju, R. Z., Amalia, N. R. A. S., Utami, A. F., & Gradiyanto, A. (2024). *Pendidikan perubahan iklim: Panduan implementasi untuk satuan pendidikan dan pemangku kepentingan*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. <https://repository.kemendikdasmen.go.id/36484/>
- Sobari, M., Wahyudin, D., & Dewi, L. (2023). Keterlibatan industri dalam pengembangan kurikulum pada tingkat SMK. *Jurnal Education and Development*, 11(3), 230–238.
- Steffensen, L., Johnsen-Høines, M., & Hauge, K. H. (2023). Using inquiry-based dialogues to explore controversial climate change issues with secondary students: An example from Norway. *Educational Philosophy and Theory*,



- 55(10), 1181–1192. <https://doi.org/10.1080/00131857.2022.2144221>
- Stoeth, A. M., & Carter, K. (2023). Climate change summit: Testing the impact of role playing games on crossing the knowledge to action gap. *Environmental Education Research*, 29(12), 1796–1813. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2129043>
- Tang, K. (2025). Conceptions of climate change across cognitive, affective, and behavioural dimensions among adolescents: Insights from Indonesian upper-secondary students. *Npj Climate Action*, 4, 47. <https://doi.org/10.1038/s44168-025-00245-2>
- Tang, K. H. D. (2022). A model of behavioral climate change education for higher educational institutions. *Environmental Advances*, 9, 100305. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100305>
- Thacker, I. (2024). Supporting secondary students' climate change learning and motivation using novel data and data visualizations. *Contemporary Educational Psychology*, 78, 102285. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2024.102285>
- Tolppanen, S., Kang, J., & Riuttanen, L. (2022). Changes in students' knowledge, values, worldview, and willingness to take mitigative climate action after attending a course on holistic climate change education. *Journal of Cleaner Production*, 373, 133865. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133865>
- Van de Wetering, J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101782. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101782>
- Zhang, J., Tong, Z., Ji, Z., Gong, Y., & Sun, Y. (2022). Effects of climate change knowledge on adolescents' attitudes and willingness to participate in carbon neutrality education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10655. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710655>

