

Implementasi Data BMKG dalam Pembelajaran Geografi Pada Materi Atmosfer dan Iklim di SMA

Nara Keisha Almayra¹, Sriyanto²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Semarang

Surel: narakeishalmayra2504@students.unnes.ac.id

Abstract

Atmospheric and climate topics involve abstract concepts that are hard to observe, while the use of BMKG data in geography learning remains poorly documented. This study describes how BMKG data were implemented in geography learning on these topics. A qualitative descriptive approach was employed through document analysis of learning documents from classes X-4, X-7, and X-9 at SMA Negeri 7 Semarang from February to May 2025. The procedure comprised preliminary observation, document collection and selection, data analysis, source triangulation, and score analysis. Data were collected through documentation and analyzed using Miles and Huberman's interactive model, supplemented by a paired sample *t*-test and Cohen's *d* on assignment and Mid-Semester Assessment (PTS) scores. BMKG data were integrated into planning, implementation, assignments, and evaluation. Mean assignment (83.40–89.83) and PTS scores (86.00–90.58) exceeded the mastery criterion (75), with 96.26% mastery. Differences were not significant ($p = .121-.885$), with small to very small effect sizes ($d = -0.269$ to -0.024). BMKG data can serve as an authentic data source, although causal effects on learning outcomes cannot be concluded. Teachers should use historical BMKG climate data, and future studies should adopt a pretest-posttest design.

Keywords: BMKG Data, Geography Learning, Atmosphere And Climate, Authentic Learning Resources, Learning Outcomes

Abstrak

Materi atmosfer dan iklim memuat banyak konsep abstrak yang sulit diamati langsung, sementara pemanfaatan data BMKG dalam pembelajaran geografi belum banyak terdokumentasi. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan implementasi pemanfaatan data BMKG dalam pembelajaran geografi materi atmosfer dan iklim. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui studi dokumentasi dengan subjek dokumen pembelajaran kelas X-4, X-7, dan X-9 SMA Negeri 7 Semarang pada Februari–Mei 2025. Alur penelitian meliputi observasi awal, pengumpulan dan seleksi dokumen, analisis data, triangulasi sumber, serta analisis nilai. Data dikumpulkan melalui dokumentasi dan dianalisis menggunakan model interaktif Miles dan Huberman, dilengkapi *paired sample t*-test dan Cohen's *d* terhadap nilai tugas dan Penilaian Tengah Semester (PTS). Hasil menunjukkan data BMKG terintegrasi dalam perencanaan, pelaksanaan, penugasan, dan evaluasi. Rata-rata nilai tugas (83,40–89,83) dan PTS (86,00–90,58) melampaui KKM 75 dengan ketuntasan 96,26%. Perbedaan nilai tugas dan PTS tidak signifikan ($p = 0,121-0,885$) dengan ukuran efek kecil hingga sangat kecil ($d = -0,269$ hingga $-0,024$). Data BMKG dapat diintegrasikan sebagai sumber data autentik, meskipun pengaruh kausalnya terhadap hasil belajar belum dapat disimpulkan. Guru disarankan memanfaatkan data iklim historis BMKG, dan penelitian selanjutnya menggunakan desain *pretest-posttest*.

Kata Kunci: Data BMKG, Pembelajaran Geografi, Atmosfer dan Iklim, Sumber Belajar Autentik, Hasil Belajar

PENDAHULUAN

Pembelajaran geografi pada dasarnya menghubungkan konsep keilmuan dengan fenomena nyata di permukaan bumi. Karena objek kajiannya adalah fenomena geosfer yang dialami langsung oleh manusia, pemahaman peserta didik akan lebih bermakna apabila materi dikaitkan dengan kondisi lingkungan di sekitar mereka. Pembelajaran kontekstual menghubungkan materi dengan situasi nyata dan pengalaman peserta didik, sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dengan kehidupan sehari-hari (Usher & Dolan, 2021). Prinsip ini sesuai dengan karakteristik pembelajaran geografi yang menekankan pemahaman fenomena geosfer beserta keterkaitannya dengan kehidupan manusia (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan [BSKAP], 2024; Onuoha et al., 2021; Partini et al., 2023; Smit et al., 2023). Di tengah perubahan iklim yang makin nyata, pendidikan geografi juga dituntut untuk menyesuaikan isi dan cara mengajarnya agar peserta didik mampu membaca perubahan lingkungan yang sedang berlangsung, bukan sekadar menghafal konsep (Puttick, 2025).

Geografi mempelajari fenomena geosfer melalui pendekatan keruangan, kelingkungan, dan kewilayahan. Peserta didik tidak hanya diharapkan memahami konsep, tetapi juga mampu menghubungkannya dengan kondisi lingkungan dan fenomena sehari-hari. Salah satu materi yang paling dekat dengan kehidupan sehari-hari adalah atmosfer dan iklim, yang mencakup lapisan atmosfer, unsur-unsur cuaca, faktor pembentuk iklim, dinamika atmosfer, hingga dampak perubahan iklim terhadap kehidupan manusia

(BSKAP, 2024). Namun, sebagian konsep dalam materi ini bersifat abstrak dan tidak selalu dapat diamati langsung. Kajian sistematis terhadap 44 studi menunjukkan bahwa peserta didik masih menyimpan beragam gagasan keliru tentang dasar ilmiah perubahan iklim, terutama mengenai efek rumah kaca dan pemanasan global (Wildbichler et al., 2025). Survei terhadap siswa sekolah menengah juga menemukan bahwa kepedulian terhadap persoalan lingkungan belum disertai pemahaman konseptual yang memadai (de Rivas et al., 2024). Karena itu, diperlukan sumber belajar yang mampu menjembatani konsep abstrak dengan fenomena atmosfer yang nyata.

Materi atmosfer dan iklim juga menjadi pintu masuk utama pendidikan perubahan iklim di sekolah. Model *GeoCapabilities* menekankan bahwa pembelajaran perubahan iklim dalam geografi perlu mengembangkan cara berpikir geografis, sehingga peserta didik dapat menalar fenomena iklim berdasarkan pengetahuan disipliner yang kuat (He et al., 2024). Sejalan dengan itu, guru geografi di berbagai negara memprioritaskan tujuan pembelajaran perubahan iklim yang berbeda-beda, dari penguasaan konsep sampai pengembangan sikap dan tindakan (Ai et al., 2025). Analisis kurikulum dan buku teks geografi juga memperlihatkan bahwa penyajian perubahan iklim, termasuk visualisasinya, sangat menentukan kesempatan peserta didik membangun pengetahuan yang bermakna (Ikonen, 2025; Schaub et al., 2024). Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa kualitas sumber belajar, bukan sekadar keberadaan materi dalam kurikulum, berpengaruh besar terhadap

pemahaman peserta didik tentang atmosfer dan iklim.

Salah satu cara menghadirkan fenomena atmosfer secara konkret adalah menggunakan data autentik dalam pembelajaran. Data iklim autentik dapat dipakai dalam kegiatan pembelajaran untuk membantu peserta didik menganalisis fenomena iklim sekaligus mengembangkan keterampilan statistik dan analisis data (Meixner et al., 2024). Penyajian data iklim melalui visualisasi yang tepat juga terbukti meningkatkan pengetahuan dan minat belajar siswa sekolah menengah terhadap perubahan iklim dibandingkan pembelajaran tanpa intervensi tersebut (Thacker, 2024). Pada jenjang SMA, keterlibatan peserta didik dalam mengolah dan menyajikan data terbuka berkaitan positif dengan capaian belajar, terutama melalui aktivitas kolaboratif dan praktik langsung (Pellegrino et al., 2025). Dengan demikian, data tidak hanya berfungsi sebagai informasi pelengkap, tetapi juga sebagai bahan belajar yang diamati, diolah, dan ditafsirkan oleh peserta didik.

Pemanfaatan data autentik semakin mudah berkat ketersediaan teknologi dan sumber belajar digital. Kajian terhadap 93 artikel mengenai teknologi dalam pendidikan perubahan iklim menyimpulkan bahwa kompetensi sains data merupakan inti dari sebagian besar pengalaman belajar berbasis teknologi (Tofel-Grehl et al., 2025). Dalam pembelajaran geografi di sekolah menengah, teknologi geospasial dimanfaatkan melalui berbagai aktivitas berbasis data dan informasi spasial untuk membangun pengetahuan geografis yang mendalam (Kim, 2024). Penggunaan sistem informasi geografis dalam pembelajaran isu atmosfer seperti pencemaran udara juga dapat mendukung kegiatan analisis dan penerapan konsep

(Yang et al., 2024). Platform digital gratis juga memperluas akses peserta didik terhadap sumber belajar geografi (Guerra & Bezerra, 2024), dan peserta didik di Indonesia menilai pembelajaran geografi berbasis teknologi digital relevan dengan kebutuhan belajar mereka (Musyawah et al., 2025).

Di Indonesia, salah satu sumber data meteorologi yang tersedia secara terbuka adalah Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Melalui laman resminya, peserta didik dapat mengakses informasi meteorologi dan klimatologi seperti suhu udara, kelembapan, curah hujan, tekanan udara, arah angin, citra satelit, prakiraan cuaca, hingga informasi iklim di berbagai wilayah Indonesia (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika [BMKG], 2026). Data tersebut diperbarui secara berkala sehingga dapat digunakan untuk menghubungkan konsep atmosfer dan iklim dengan kondisi nyata (Guerra & Bezerra, 2024; Musyawah et al., 2025). Keunggulan ini makin penting karena analisis terhadap 68 buku teks Kurikulum Merdeka menemukan bahwa hanya sekitar 5% kalimat bertema iklim yang berkaitan dengan konteks lokal Indonesia (Habibillah & Sakurai, 2026). Data BMKG berpotensi mengisi kekosongan tersebut dengan menghadirkan informasi cuaca dan iklim dari wilayah tempat peserta didik tinggal.

Agar data meteorologi benar-benar bermanfaat dalam pembelajaran, peran guru dalam merancang dan mengintegrasikannya menjadi sangat penting. Pengetahuan pedagogik guru geografi menentukan cara konsep, sumber belajar, dan strategi pembelajaran dipadukan di kelas (Smit et al., 2023). Kebijakan pendidikan di Indonesia sendiri sudah memberi ruang bagi pendidikan perubahan iklim dalam

kurikulum formal (Tang, 2024). Meski begitu, survei terhadap 329 guru SMA di Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata skor pengetahuan guru tentang perubahan iklim baru sekitar 45,7 dari 100, dan guru banyak bergantung pada media digital sebagai sumber informasi (Tang, 2025). Ketertarikan guru untuk mengadopsi sumber belajar bertema iklim juga dipengaruhi oleh kesesuaian sumber tersebut dengan kurikulum serta dukungan yang tersedia (Mostacedo-Marasovic et al., 2026). Karena itu, contoh konkret tentang cara data resmi seperti BMKG diintegrasikan ke dalam perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran sangat dibutuhkan oleh guru.

Persoalan tersebut relevan dengan kondisi di SMA Negeri 7 Semarang. Kota Semarang adalah wilayah pesisir yang rentan terhadap fenomena hidrometeorologi. Banjir rob menunjukkan pola sebaran dan tingkat kerentanan yang berbeda antarwilayah (Setyaningsih et al., 2024), sementara penurunan muka tanah memperbesar risiko hilangnya lahan di pesisir Semarang–Demak (Yuwono et al., 2026). Dengan demikian, fenomena cuaca dan iklim merupakan bagian dari pengalaman sehari-hari peserta didik. Akan tetapi, pembelajaran materi atmosfer dan iklim pada kelas X-4, X-7, dan X-9 masih menghadapi tantangan: banyak konsep yang bersifat abstrak, dan pemanfaatan data BMKG sebagai sumber data belum terdokumentasi secara sistematis dalam rangkaian pembelajaran. Akibatnya, belum ada gambaran utuh tentang bagaimana data BMKG direncanakan, digunakan dalam pengamatan dan penugasan, serta dikaitkan dengan evaluasi pembelajaran.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa data dan teknologi

dapat mendukung pembelajaran atmosfer dan iklim. Meixner et al. (2024) menemukan bahwa analisis data iklim autentik membantu peserta didik mencapai tujuan belajar terkait pemahaman perubahan iklim dan kompetensi statistik. Thacker (2024) menunjukkan manfaat visualisasi data iklim terhadap pengetahuan dan minat siswa, sedangkan Kim (2024) serta Yang et al. (2024) menyoroti peran teknologi geospasial dalam pembelajaran geografi di sekolah menengah. Di Indonesia, Huda et al. (2025) mengkaji Stasiun BMKG sebagai sumber belajar geografi dengan membandingkan hasil belajar antara pembelajaran yang menggunakan sumber belajar tersebut dan pembelajaran konvensional. Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada pengaruh atau efektivitas intervensi. Kajian yang menggambarkan bentuk implementasi data BMKG di sepanjang tahapan pembelajaran, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, penugasan, hingga evaluasi, berdasarkan dokumen pembelajaran yang tersedia masih terbatas. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar penelitian ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi pemanfaatan data BMKG dalam pembelajaran geografi pada materi atmosfer dan iklim di SMA Negeri 7 Semarang berdasarkan dokumen pembelajaran yang tersedia. Secara khusus, penelitian ini mendeskripsikan bagaimana data BMKG dimanfaatkan dan diintegrasikan dalam tahapan perencanaan, pelaksanaan, penugasan, dan evaluasi pembelajaran. Selain itu, penelitian ini membandingkan capaian nilai tugas dan Penilaian Tengah Semester (PTS) pada kelas X-4, X-7, dan X-9 sebagai analisis tambahan untuk

menggambarkan capaian pembelajaran berdasarkan data nilai yang tersedia, tanpa dimaksudkan untuk menyimpulkan pengaruh kausal. Hasil penelitian diharapkan menjadi rujukan praktis bagi guru geografi dalam memanfaatkan data meteorologi resmi sebagai sumber belajar kontekstual, sekaligus memperkaya kajian pendidikan perubahan iklim berbasis data lokal di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif melalui studi dokumentasi (Creswell & Poth, 2018). Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian adalah mendeskripsikan implementasi pemanfaatan data BMKG dalam pembelajaran geografi materi atmosfer dan iklim sebagaimana adanya, tanpa memanipulasi objek penelitian. Desain deskriptif kualitatif cocok untuk menyajikan gambaran fenomena secara lugas dan dekat dengan data, tanpa interpretasi teoretis yang berlebihan (Villamin et al., 2025). Studi dokumentasi dipakai karena dokumen pembelajaran merekam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran secara tertulis, sehingga dapat ditelaah secara sistematis sebagai bukti empiris (Bowen, 2009). Analisis dokumen juga banyak digunakan dalam kajian pendidikan geografi dan perubahan iklim, misalnya untuk menelaah kurikulum, buku teks, dan visualisasi materi iklim (Habibillah & Sakurai, 2026; Ikonen, 2025; Schauß et al., 2024). Sebagai pelengkap analisis kualitatif, nilai tugas dan Penilaian Tengah Semester (PTS) dianalisis secara kuantitatif untuk menggambarkan perbandingan capaian peserta didik pada

dua bentuk evaluasi yang berasal dari peserta didik yang sama.

Subjek penelitian ini adalah dokumen pembelajaran geografi materi atmosfer dan iklim pada kelas X-4, X-7, dan X-9 SMA Negeri 7 Semarang. Dokumen tersebut meliputi perangkat dan perencanaan pembelajaran, bahan atau modul pembelajaran, catatan kegiatan Asistensi Mengajar, dokumentasi pelaksanaan pembelajaran, hasil penugasan peserta didik, serta dokumen evaluasi pembelajaran yang dihasilkan selama kegiatan Asistensi Mengajar. Ketiga kelas dipilih karena seluruhnya mengikuti pembelajaran materi atmosfer dan iklim yang memanfaatkan data BMKG, sehingga dokumennya relevan dengan fokus penelitian. Data nilai tugas dan PTS yang dianalisis berasal dari peserta didik kelas X-4 ($n = 35$), X-7 ($n = 36$), dan X-9 ($n = 36$). Dengan demikian, unit analisis penelitian ini adalah dokumen pembelajaran yang terdokumentasi, bukan perilaku peserta didik yang diamati secara langsung.

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 7 Semarang dalam kegiatan Asistensi Mengajar pada semester genap tahun ajaran 2024/2025, mulai Februari hingga Mei 2025. Rentang waktu ini mencakup seluruh rangkaian pembelajaran materi atmosfer dan iklim, mulai dari perencanaan, pelaksanaan kegiatan pembelajaran, penugasan, hingga PTS. Sekolah ini dipilih karena peneliti terlibat langsung dalam pelaksanaan pembelajaran selama Asistensi Mengajar, sehingga dokumen pembelajaran dapat diakses secara utuh. Selain itu, Kota Semarang adalah wilayah pesisir yang akrab dengan fenomena cuaca dan iklim, sehingga relevan dengan pemanfaatan data BMKG sebagai sumber belajar autentik.

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah observasi awal selama kegiatan Asistensi Mengajar untuk mengidentifikasi bentuk pemanfaatan data BMKG dalam pembelajaran geografi. Tahap kedua adalah pengumpulan dan seleksi dokumen pembelajaran yang relevan dengan fokus penelitian. Tahap ketiga adalah analisis dokumen melalui kondensasi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Tahap keempat adalah triangulasi sumber untuk memastikan konsistensi informasi dari berbagai dokumen. Tahap kelima adalah analisis tambahan terhadap nilai tugas dan PTS. Seluruh hasil tersebut kemudian dipadukan sebagai dasar penyusunan kesimpulan dan laporan penelitian. Urutan ini membuat setiap temuan dapat ditelusuri kembali ke dokumen sumbernya.

Data penelitian dikumpulkan melalui teknik dokumentasi terhadap dokumen yang berkaitan dengan pelaksanaan pembelajaran materi atmosfer dan iklim (Bowen, 2009). Dokumen yang terkumpul terlebih dahulu diidentifikasi dan diklasifikasikan berdasarkan keterkaitannya dengan fokus penelitian, yaitu perencanaan, pelaksanaan, pemanfaatan data BMKG, aktivitas peserta didik, dan evaluasi pembelajaran. Setiap dokumen kemudian ditelaah untuk menemukan bagian yang memuat penggunaan data BMKG, seperti rancangan kegiatan pengamatan, lembar tugas yang memakai data prakiraan cuaca, hasil kerja peserta didik, dan instrumen evaluasi. Nilai tugas dan PTS diambil dari dokumen penilaian yang tersedia, tanpa pengukuran tambahan. Dengan cara ini, data yang dikumpulkan menggambarkan pembelajaran yang benar-benar berlangsung, bukan

pembelajaran yang dirancang khusus untuk keperluan penelitian.

Data kualitatif dianalisis secara interaktif melalui tiga tahap, yaitu kondensasi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan (Miles et al., 2014). Pada tahap kondensasi, dokumen dipilih dan dikelompokkan berdasarkan fokus penelitian. Data yang telah dikelompokkan disajikan dalam bentuk uraian naratif dan tabel agar pola dan keterkaitan antartemuan mudah dikenali. Kesimpulan kemudian ditarik berdasarkan pola tersebut dan diverifikasi dengan membandingkan informasi dari dokumen yang berbeda. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu dengan membandingkan perangkat pembelajaran, jurnal kegiatan, hasil penugasan, dan dokumen evaluasi (Denzin, 1978). Triangulasi ini memperkuat kredibilitas temuan karena setiap kesimpulan didukung lebih dari satu sumber (Lochmiller et al., 2026; Morgan, 2024). Sebagai analisis tambahan, nilai tugas dan PTS pada kelas X-4, X-7, dan X-9 dibandingkan menggunakan uji *t* berpasangan (*paired sample t-test*) dengan taraf signifikansi 5%. Besarnya ukuran efek dihitung dengan Cohen's *d* untuk sampel berpasangan (*dz*) (Cohen, 1988). Analisis tersebut tidak digunakan untuk menguji pengaruh pemanfaatan data BMKG terhadap hasil belajar, karena penelitian ini tidak menggunakan desain *pretest-posttest* maupun kelompok pembandingan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelaahan dokumen perencanaan pada kelas X-4, X-7, dan X-9 menunjukkan bahwa data BMKG

dicantumkan sebagai salah satu sumber data dalam pembelajaran materi atmosfer dan iklim. Di dalam perangkat pembelajaran, data BMKG ditempatkan pada rancangan kegiatan yang berkaitan dengan pengamatan dan analisis unsur-unsur cuaca, yaitu kegiatan yang meminta peserta didik mengamati informasi meteorologi lalu menghubungkannya dengan konsep yang sedang dipelajari. Rancangan tersebut tidak hanya memuat penyampaian konsep tentang lapisan atmosfer, unsur cuaca, dan iklim, tetapi juga kegiatan yang mengarahkan peserta didik untuk mengakses, mencatat, dan mengolah data klimatologi. Pencantuman data BMKG ditemukan dalam perangkat pembelajaran ketiga kelas dengan pola yang sama, sehingga tidak ada perbedaan rancangan pemanfaatan data antarkelas. Dalam dokumen perencanaan, data BMKG tercantum sejak tahap awal penyusunan kegiatan dan dirujuk kembali pada rancangan kegiatan pengamatan serta rancangan penugasan. Dengan demikian, keberadaan data BMKG dalam perencanaan terdokumentasi di dua bagian sekaligus: kegiatan inti pembelajaran dan tugas yang diberikan kepada peserta didik.

Dokumen pelaksanaan pembelajaran dan catatan kegiatan Asistensi Mengajar memperlihatkan bahwa pembelajaran materi atmosfer dan iklim berlangsung melalui serangkaian kegiatan yang tersusun bertahap. Tahap pertama adalah pengenalan konsep dasar, meliputi pengertian dan lapisan atmosfer serta unsur-unsur cuaca seperti suhu, kelembapan, tekanan udara, angin, dan curah hujan. Tahap kedua adalah analisis data cuaca menggunakan informasi yang tersedia di BMKG. Pada tahap ini peserta didik diarahkan untuk membaca prakiraan cuaca dan mengidentifikasi

unsur cuaca yang tercantum di dalamnya. Tahap ketiga adalah pembahasan klasifikasi iklim, dan tahap keempat adalah penerapan konsep melalui penugasan. Dalam urutan ini, data BMKG baru digunakan setelah peserta didik menerima penjelasan konsep dasar, yaitu sebagai bahan pengamatan dan pengolahan informasi. Catatan kegiatan pada kelas X-4, X-7, dan X-9 mencatat urutan yang sama, sehingga rangkaian pelaksanaan pembelajaran di ketiga kelas terdokumentasi secara seragam.

Pemanfaatan data BMKG paling jelas terdokumentasi pada kegiatan penugasan. Dalam salah satu tugas, peserta didik menggunakan data prakiraan cuaca BMKG dari dua wilayah yang berbeda sebagai bahan pengamatan dan analisis. Informasi yang dicatat meliputi kondisi cuaca, kelembapan udara, serta kecepatan dan arah angin di setiap wilayah. Hasil pencatatan tersebut kemudian disusun dalam bentuk tabel atau ringkasan, sehingga data dari kedua wilayah dapat dibandingkan secara berdampingan. Hasil kerja peserta didik memperlihatkan rangkaian langkah yang dilakukan: mengakses informasi prakiraan cuaca pada sumber data BMKG, memilih data untuk wilayah yang ditentukan, mencatat unsur cuaca yang diminta, menyusun data ke dalam format yang telah ditetapkan, lalu membandingkan kondisi cuaca kedua wilayah. Melalui tugas ini, data meteorologi dalam dokumen pembelajaran berfungsi sebagai bahan yang diolah dan disusun ulang oleh peserta didik, bukan hanya sebagai informasi yang dibaca. Bentuk tugas tersebut tercatat pada hasil penugasan ketiga kelas.

Selain penugasan berbasis data cuaca BMKG, dokumen pembelajaran juga memuat dua bentuk penugasan lain

yang berkaitan dengan materi iklim, yaitu tugas klasifikasi iklim dunia dan tugas analisis kondisi iklim suatu negara. Tugas klasifikasi iklim meminta peserta didik mengelompokkan tipe-tipe iklim berdasarkan karakteristiknya, sedangkan tugas analisis kondisi iklim meminta peserta didik menguraikan karakteristik iklim negara tertentu. Evaluasi pembelajaran terdokumentasi melalui dua jenis nilai, yaitu nilai tugas kelompok dan nilai PTS, pada kelas X-4, X-7, dan X-9. Instrumen PTS berbentuk soal

uraian yang menilai pemahaman konsep serta kemampuan peserta didik menjelaskan fenomena atmosfer, cuaca, dan iklim secara tertulis. Kedua jenis nilai berasal dari peserta didik yang sama di setiap kelas, sehingga dapat dibandingkan secara berpasangan. Rekapitulasi bentuk pemanfaatan data BMKG pada setiap tahap pembelajaran, beserta sumber dokumen dan kelas tempat temuan tersebut tercatat, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Implementasi Pemanfaatan Data BMKG dalam Pembelajaran

Tahap	Sumber Dokumen	Bentuk Pemanfaatan Data BMKG	Kelas
Perencanaan	Perangkat dan modul pembelajaran	Data BMKG dicantumkan sebagai sumber data untuk kegiatan pengamatan dan analisis unsur cuaca	X - 4 , X - 7 , X-9
Pelaksanaan	Catatan Asistensi Mengajar, dokumentasi pembelajaran	Pengenalan konsep → analisis data cuaca BMKG → klasifikasi iklim → penugasan	X - 4 , X - 7 , X-9
Penugasan	Hasil kerja peserta didik	Pencatatan kondisi cuaca, kelembapan, serta kecepatan dan arah angin dari dua wilayah, disusun dalam tabel atau ringkasan; tugas klasifikasi iklim dan analisis iklim suatu negara	X - 4 , X - 7 , X-9
Evaluasi	Dokumen nilai tugas dan PTS	Nilai tugas kelompok dan PTS berbentuk soal uraian tentang fenomena atmosfer, cuaca, dan iklim	X - 4 , X - 7 , X-9

Sumber: Hasil Analisis Dokumen Pembelajaran di SMA Negeri 7 Semarang (2025)

Tabel 1 merangkum hasil analisis dokumen tentang pemanfaatan data BMKG pada empat tahap pembelajaran, yaitu perencanaan, pelaksanaan, penugasan, dan evaluasi. Pada tahap perencanaan, sumber dokumennya adalah perangkat dan modul pembelajaran, dan data BMKG tercantum sebagai sumber data untuk kegiatan pengamatan dan analisis unsur cuaca. Pada tahap pelaksanaan, sumber dokumennya adalah catatan kegiatan Asistensi Mengajar dan dokumentasi pembelajaran, yang memperlihatkan urutan kegiatan dari pengenalan konsep,

analisis data cuaca BMKG, dan klasifikasi iklim sampai penugasan. Pada tahap penugasan, sumber dokumennya adalah hasil kerja peserta didik, yang berisi pencatatan kondisi cuaca, kelembapan, serta kecepatan dan arah angin dari dua wilayah dalam bentuk tabel atau ringkasan, ditambah tugas klasifikasi iklim dan analisis iklim suatu negara. Pada tahap evaluasi, sumber dokumennya adalah dokumen nilai, yang memuat nilai tugas kelompok dan nilai PTS berbentuk soal uraian. Kolom kelas menunjukkan bahwa keempat tahap tersebut tercatat pada kelas X-4, X-7, dan

X-9 tanpa perbedaan bentuk pemanfaatan antarkelas.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Nilai Tugas dan PTS

Kelas	N	Rata-rata Tugas	Rata-rata PTS	SD PTS	KKM	Ketuntasan PTS
X-4	35	83,40	86,00	8,74	75	91,43%
X-7	36	89,83	90,03	6,12	75	100,00%
X-9	36	89,64	90,58	7,28	75	97,22%

Sumber: Dokumentasi Nilai Pembelajaran Selama Kegiatan Asistensi Mengajar di SMA Negeri 7 Semarang (2025)

Tabel 2 menyajikan statistik deskriptif nilai tugas dan PTS dari 107 peserta didik: 35 di kelas X-4, 36 di X-7, dan 36 di X-9. Rata-rata nilai tugas dan PTS di ketiga kelas berada di atas KKM 75. Kelas X-4 memperoleh rata-rata tugas 83,40 (8,40 poin di atas KKM) dan rata-rata PTS 86,00 (11,00 poin di atas KKM). Kelas ini memiliki simpangan baku PTS terbesar, yaitu 8,74, yang berarti sebaran nilainya paling lebar. Kelas X-7 memperoleh rata-rata tugas 89,83 dan rata-rata PTS 90,03, dengan simpangan baku PTS terkecil, yaitu 6,12. Kelas X-9 memperoleh rata-rata tugas

89,64 dan rata-rata PTS tertinggi, yaitu 90,58, dengan simpangan baku 7,28. Rata-rata tugas tertinggi ada di X-7 dan terendah di X-4, dengan selisih 6,43 poin, sedangkan rata-rata PTS tertinggi ada di X-9 dan terendah di X-4, dengan selisih 4,58 poin. Ketuntasan PTS tercatat 91,43% di X-4 (32 dari 35 peserta didik), 100,00% di X-7 (36 dari 36), dan 97,22% di X-9 (35 dari 36). Secara keseluruhan, 103 dari 107 peserta didik (96,26%) mencapai KKM pada PTS, dan rata-rata PTS di ketiga kelas lebih tinggi daripada rata-rata tugas.

Tabel 3. Hasil Paired Sample t-Test

Kelas	N	Mean Tugas	Mean PTS	Mean Difference	t	df	Sig. (2-tailed)
X-4	35	83,40	86,00	-2,60	-1,592	34	0,121
X-7	36	89,83	90,03	-0,19	-0,146	35	0,885
X-9	36	89,64	90,58	-0,94	-0,618	35	0,541

Sumber: Hasil Analisis Data Nilai Tugas dan PTS (2025)

Tabel 3 menyajikan hasil *paired sample t-test* yang membandingkan nilai tugas dan nilai PTS pada peserta didik yang sama di setiap kelas, dengan taraf signifikansi 5%. Semua selisih rata-rata (*mean difference*) bertanda negatif, artinya rata-rata PTS lebih tinggi daripada rata-rata tugas di ketiga kelas. Selisih terbesar ada di kelas X-4, yaitu -2,60 poin, dengan $t = -1,592$, $df = 34$, dan $p = 0,121$. Kelas X-9 berada di urutan berikutnya dengan selisih -0,94 poin (t

$= -0,618$; $df = 35$; $p = 0,541$). Selisih terkecil ada di kelas X-7, yaitu -0,19 poin, dengan $t = -0,146$, $df = 35$, dan $p = 0,885$. Nilai t mutlak terbesar juga ada di X-4 dan terkecil di X-7, sama dengan urutan besarnya selisih rata-rata. Seluruh nilai signifikansi (p) berada di atas 0,05, mulai dari 0,121 sampai 0,885. Dengan demikian, perbedaan antara nilai tugas dan nilai PTS tidak signifikan pada kelas X-4, X-7, maupun X-9.

Tabel 4. Hasil Analisis Cohen's d

Kelas	Cohen's d	Interpretasi
X-4	-0,269	Efek kecil
X-7	-0,024	Efek sangat kecil
X-9	-0,103	Efek sangat kecil

Sumber: Hasil Analisis Data Nilai Tugas dan PTS (2025)

Tabel 4 menyajikan ukuran efek Cohen's d untuk sampel berpasangan, yang menggambarkan besarnya perbedaan antara nilai tugas dan nilai PTS di setiap kelas. Kelas X-4 memiliki ukuran efek terbesar ($d = -0,269$) dan termasuk kategori efek kecil. Kelas X-9 memiliki ukuran efek $d = -0,103$, dan kelas X-7 memiliki ukuran efek terkecil, $d = -0,024$; keduanya termasuk kategori efek sangat kecil. Tanda negatif pada ketiga nilai menunjukkan arah perbedaan yang sama dengan Tabel 3, yaitu nilai PTS lebih tinggi daripada nilai tugas. Urutan besarnya ukuran efek ($X-4 > X-9 > X-7$) juga sama dengan urutan selisih rata-rata dan nilai t pada Tabel 3, sehingga kedua analisis memberikan pola yang konsisten. Ukuran efek ini disajikan sebagai gambaran tambahan tentang besarnya perbedaan capaian nilai, bukan sebagai uji pengaruh pemanfaatan data BMKG terhadap hasil belajar, karena penelitian ini tidak menggunakan desain *pretest-posttest* maupun kelompok pembandingan.

Pembahasan

Hasil analisis dokumen pada Tabel 1 menunjukkan bahwa data BMKG tidak hanya berfungsi sebagai informasi pelengkap. Data tersebut sudah dicantumkan sejak tahap perencanaan, lalu dirujuk kembali pada kegiatan pengamatan, penugasan, dan evaluasi di ketiga kelas. Temuan ini sejalan dengan Meixner et al. (2024), yang menunjukkan bahwa data iklim autentik memberi manfaat belajar ketika peserta didik

terlibat langsung dalam menganalisisnya. Pellegrino et al. (2025) juga menemukan bahwa capaian belajar peserta didik SMA berkaitan positif dengan keterlibatan mereka dalam mengolah data terbuka. Namun, dalam penelitian Meixner et al. (2024) peserta didik melakukan analisis statistik terhadap data iklim, sedangkan kegiatan dalam penelitian ini masih sebatas mengakses, mencatat, menyusun, dan membandingkan informasi cuaca. Artinya, data BMKG sudah masuk ke aktivitas belajar, tetapi tingkat pengolahannya masih dasar. Padahal, interpretasi data dan penalaran terhadap fenomena iklim merupakan arah pembelajaran geografi yang semakin dibutuhkan (Beom, 2025; Puttick, 2025).

Urutan kegiatan pada Tabel 1, yaitu pengenalan konsep, analisis data cuaca BMKG, klasifikasi iklim, lalu penugasan, menunjukkan bahwa data BMKG digunakan setelah peserta didik memperoleh landasan konseptual. Pola ini membantu peserta didik mengetahui unsur cuaca apa yang perlu dicari dalam data. Hal ini sejalan dengan Yang et al. (2024), yang menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dan data dalam pembelajaran geografi mendukung kegiatan analisis apabila dirancang dengan tujuan pembelajaran yang jelas. Pola tersebut juga sesuai dengan model *GeoCapabilities*, yang menempatkan pengetahuan disipliner sebagai dasar berpikir geografis tentang perubahan iklim (He et al., 2024), serta dengan

pandangan Kim (2024) bahwa teknologi geospasial perlu diarahkan untuk membangun pengetahuan geografis yang kuat. Meski begitu, karena data baru digunakan setelah konsep diberikan, data cenderung berfungsi untuk mengonfirmasi konsep, bukan sebagai titik awal penyelidikan. Urutan kegiatan di ketiga kelas juga sama persis, sehingga belum ada penyesuaian untuk kelas yang capaiannya lebih rendah, seperti X-4.

Tugas yang meminta peserta didik mencatat kondisi cuaca, kelembapan, serta kecepatan dan arah angin dari dua wilayah merupakan bentuk pemanfaatan data BMKG yang paling nyata. Kegiatan membandingkan dua wilayah memuat unsur berpikir keruangan, sejalan dengan Purba et al. (2025), yang menunjukkan bahwa pengolahan data berbasis teknologi dapat mendukung kemampuan berpikir spasial. Thacker (2024) menunjukkan bahwa visualisasi data iklim meningkatkan pengetahuan dan minat belajar, dan Tofel-Grehl et al. (2025) menegaskan bahwa kompetensi sains data merupakan inti pembelajaran perubahan iklim berbasis teknologi. Dibandingkan dengan temuan-temuan tersebut, tugas dalam penelitian ini masih terbatas pada data prakiraan cuaca jangka pendek, dan hasil kerjanya berupa tabel atau ringkasan, belum berupa grafik. Di sisi lain, data BMKG memiliki keunggulan kontekstual karena memuat informasi wilayah Indonesia. Keunggulan ini penting mengingat buku teks Kurikulum Merdeka hanya sekitar 5% memuat konteks iklim lokal (Habibillah & Sakurai, 2026), dan peserta didik menilai pembelajaran geografi berbasis teknologi digital relevan dengan kebutuhan belajar mereka (Musyawarah et al., 2025).

Dari aspek evaluasi, Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata tugas

(83,40–89,83) dan rata-rata PTS (86,00–90,58) di ketiga kelas berada di atas KKM 75, dan 103 dari 107 peserta didik (96,26%) tuntas pada PTS. Kelas X-4 perlu dicermati karena memiliki rata-rata tugas terendah (83,40), rata-rata PTS terendah (86,00), simpangan baku terbesar (8,74), dan ketuntasan terendah (91,43%). Karena bentuk pemanfaatan data BMKG di ketiga kelas sama, perbedaan capaian ini tidak dapat dijelaskan oleh perbedaan perlakuan pembelajaran. Selain itu, nilai tugas berasal dari tugas kelompok, sedangkan PTS adalah tes uraian individual, sehingga keduanya mengukur hal yang tidak sepenuhnya sama. Kondisi ini berbeda dengan Huda et al. (2025), yang membandingkan pembelajaran menggunakan sumber belajar Stasiun BMKG dengan pembelajaran konvensional sehingga dapat menilai perbedaan antarperlakuan. Tanpa kelompok pembanding, capaian di atas KKM dalam penelitian ini hanya dapat dibaca sebagai gambaran kondisi belajar yang terdokumentasi.

Hasil *paired sample t-test* pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perbedaan nilai tugas dan PTS tidak signifikan pada kelas X-4 ($t(34) = -1,592$; $p = 0,121$), X-7 ($t(35) = -0,146$; $p = 0,885$), maupun X-9 ($t(35) = -0,618$; $p = 0,541$). Ukuran efek pada Tabel 4 juga kecil hingga sangat kecil ($d = -0,269$; $-0,024$; $-0,103$). Temuan ini menunjukkan bahwa capaian peserta didik pada tugas berbasis data dan pada PTS relatif sejalan. Rata-rata nilai di X-7 dan X-9 yang sudah di atas 89 membuat ruang perbedaan sangat sempit, sehingga selisihnya hanya $-0,19$ dan $-0,94$ poin. Kelas X-4, yang rata-ratanya lebih rendah, justru menunjukkan selisih terbesar ($-2,60$ poin). Berbeda dengan Meixner et al. (2024) dan Thacker

(2024), yang menggunakan rancangan pengukuran atau kelompok kontrol, penelitian ini tidak menggunakan desain *pretest-posttest* maupun kelompok pembanding. Karena itu, hasil ini tidak dapat dijadikan dasar untuk menyimpulkan bahwa pemanfaatan data BMKG meningkatkan hasil belajar.

Secara keseluruhan, penelitian ini mengisi kesenjangan yang disebutkan di pendahuluan. Meixner et al. (2024), Thacker (2024), Yang et al. (2024), dan Huda et al. (2025) berfokus pada pengaruh atau efektivitas intervensi, sedangkan penelitian ini menggambarkan integrasi data BMKG di sepanjang tahapan pembelajaran berdasarkan dokumen yang tersedia. Kontribusi praktisnya adalah alur yang dapat direplikasi guru: mencantumkan data BMKG di perangkat pembelajaran, memberikan konsep dasar, lalu meminta peserta didik mencatat dan membandingkan unsur cuaca antarwilayah. Alur seperti ini penting karena keberhasilan sumber belajar digital bergantung pada cara guru memadukannya dengan tujuan belajar (Nisa et al., 2024; Smit et al., 2023). Kebutuhan ini makin terasa karena pengetahuan guru SMA di Indonesia tentang perubahan iklim masih terbatas, dengan rata-rata skor sekitar 45,7 dari 100 (Tang, 2025), dan adopsi sumber belajar bertema iklim dipengaruhi oleh dukungan yang tersedia (Mostacedo-Marasovic et al., 2026). Keterbatasan penelitian ini adalah data yang hanya bersumber dari dokumen, sehingga proses berpikir peserta didik saat mengolah data belum tergambar.

KESIMPULAN

Data BMKG telah diintegrasikan sebagai sumber data dalam pembelajaran

geografi materi atmosfer dan iklim di SMA Negeri 7 Semarang. Integrasi ini mencakup perencanaan, pelaksanaan, penugasan, dan evaluasi: peserta didik mengakses data prakiraan cuaca, mencatat unsur cuaca dari dua wilayah, lalu menyusun dan membandingkannya dalam tabel atau ringkasan. Rata-rata nilai tugas (83,40–89,83) dan PTS (86,00–90,58) di kelas X-4, X-7, dan X-9 berada di atas KKM 75, dengan ketuntasan PTS 96,26%. Hasil *paired sample t-test* menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara nilai tugas dan PTS ($p = 0,121-0,885$), dengan ukuran efek kecil hingga sangat kecil ($d = -0,269$ sampai $-0,024$). Hasil ini menggambarkan capaian yang relatif sejalan pada kedua bentuk evaluasi, tetapi tidak menunjukkan pengaruh kausal pemanfaatan data BMKG terhadap hasil belajar karena penelitian ini tidak menggunakan desain *pretest-posttest* maupun kelompok pembanding. Guru geografi disarankan memanfaatkan data BMKG tidak hanya untuk pencatatan prakiraan cuaca, tetapi juga untuk analisis data iklim historis, penyajian grafik, dan pengaitan dengan fenomena lokal. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan observasi, wawancara, dan desain *pretest-posttest* agar efektivitas pemanfaatan data BMKG dapat diuji lebih mendalam.

DAFTAR RUJUKAN

- Ai, X., Favier, T. T., Béneker, T., & Duan, Y. (2025). Orientations of Chinese geography teachers towards climate change education. *Journal of Geography*, 124(4), 91–103.
<https://doi.org/10.1080/00221341.2025.2528020>

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2026). *BMKG: Informasi cuaca, iklim, dan geofisika*.
<https://www.bmkg.go.id/>
- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2024). *Capaian pembelajaran mata pelajaran Geografi fase E–F untuk SMA/MA/Program Paket C*. Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah.
<https://kurikulum.kemdikbud.go.id/file/cp/dasmen/21.%20CP%20Geografi.pdf>
- Beom, Y. (2025). Conceptualizing climate literacy in geography education and reframing teaching-learning practices: Focusing on the 2022 revised curriculum *Climate Change and Sustainable World. Korean Journal of Environmental Education*, 38(4), 373–389.
<https://doi.org/10.17965/kjee.2025.38.4.373>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
<https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Denzin, N. K. (1978). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- de Rivas, R., Vilches, A., & Mayoral García-Berlanga, O. (2024). Secondary school students' perceptions and concerns on sustainability and climate change. *Climate*, 12(2), Article 17.
<https://doi.org/10.3390/cli12020017>
- Guerra, E. R. L. A., & Bezerra, J. B. (2024). Uso de plataforma digital gratuita na aprendizagem de geografia do ensino médio. *Revista Foco*, 17(6), Article e5388.
<https://doi.org/10.54751/revistafo.co.v17n6-070>
- Habibillah, D. A., & Sakurai, R. (2026). Evaluating climate change education in Indonesia's merdeka curriculum: a content analysis of lower secondary school textbooks. *Environmental Education Research*, 1-28.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2026.2629515>
- He, Y., Tani, S., & Puustinen, M. (2024). GeoCapabilities approach to climate change education: Developing an epistemic model for geographical thinking. *Journal of Geography*, 123(2–3), 23–31.
<https://doi.org/10.1080/00221341.2024.2334946>
- Huda, N., Abdi, A. W., & Afriyani, M. P. (2025). Perbandingan hasil belajar geografi menggunakan sumber belajar Stasiun BMKG dengan pembelajaran konvensional pada siswa SMAN 1 Indrapuri. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Geografi*, 10(2), 101–105.

<https://doi.org/10.24815/jimpgeo.v10i2.32224>

<https://doi.org/10.1080/10899995.2023.2193810>

- Ikonen, P. (2025). How climate change mitigation is presented in Finnish upper secondary school geography curricula and textbooks from 1985 to 2024. Has it increased the teaching of the powerful geographical knowledge students need for active participation in climate change mitigation?. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/10382046.2025.2557595>
- Kim, M. (2024). Strategies for cultivating powerful knowledge using geospatial technologies at the secondary education level. *Geography*, 109(3), 116–126. <https://doi.org/10.1080/00167487.2024.2395174>
- Lochmiller, C. R., Cho, Y., & Lester, J. N. (2026). Designing trustworthy qualitative HRD research: Methodological considerations. *Human Resource Development Review*, 25(2), 212–226. <https://doi.org/10.1177/15344843261419651>
- Meixner, T., Ciancarelli, B., Farrell, E. P., Silva García, D., Josek, T., Kelly, M. M., Meister, P., Soule, D., & Darner, R. (2024). Asynchronous student engagement in analysis of climate data achieves learning objectives related to climate change understanding, statistical competence, and climate anxiety. *Journal of Geoscience Education*, 72(4), 382–392.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Morgan, H. (2024). Using triangulation and crystallization to make qualitative studies trustworthy and rigorous. *The Qualitative Report*, 29(7), 1844–1856. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2024.6071>
- Mostacedo-Marasovic, S.-J., Costello, B., Olsen, A. A., & Forbes, C. T. (2026). Supporting secondary teachers' interest in adopting climate-related curricular resources. *Journal of Geoscience Education*, 74(2), 192–204. <https://doi.org/10.1080/10899995.2025.2506029>
- Musyawah, R., Hasriyanti, H., & Kalsum, U. (2025). Pembelajaran geografi berbasis teknologi digital: Studi persepsi siswa dan relevansinya dengan Sustainable Development Goals 4. *Journal of Geographical Sciences and Education*, 3(4), 249–262. <https://doi.org/10.69606/geography.v3i4.313>
- Nisa, N. K., Wahyudi, A., Putra, A. K., Astuti, I. S., & Ansori, C. (2024). Exploring tectonism: A journey through virtual geotour in geography education for high school students. *Jurnal Geografi Gea*, 24(2), 159–176. <https://doi.org/10.17509/gea.v24i2.68947>

- Onuoha, J., Eze, E., Ezeaputa, C. M.-C., Okpabi, J. U., & Onyia, J. C. (2021). Does learning geography increase climate change awareness? A comparison of school subjects' influence on climate change awareness. *Journal of Geography*, 120(4), 140–151. <https://doi.org/10.1080/00221341.2021.1949027>
- Partini, D., Anwar, Y., Kurniaaji, B., & Rahmawati, A. (2023). Atmosphere dynamics e-module development based on contextual learning for geography learning in high school. *Journal of Geography Science and Education*, 4(2), 49–56. <https://doi.org/10.32585/jgse.v4i2.2921>
- Pellegrino, M. A., Antelmi, A., Spagnuolo, C., & Scarano, V. (2025). Open data in education: Fostering data literacy among high-school learners. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 34(4), 1079–1120. <https://doi.org/10.1007/s10606-025-09529-x>
- Purba, C. T., Purwanto, & Wijiyono. (2025). Implementasi pembelajaran geografi berbasis teknologi melalui pembuatan peta digital dengan Microsoft Excel untuk meningkatkan kemampuan berpikir spasial siswa kelas X SMA Negeri 1 Gondanglegi. *GEOGRAPHY: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 13(1), 74–87. <https://doi.org/10.31764/geography.v13i1.29010>
- Puttick, S. (2025). Geographical education III: Changing climate, changing geographies, changing geographical education? *Progress in Human Geography*, 49(2), 227–235. <https://doi.org/10.1177/03091325241313467>
- Schauß, M., Nöthen, E., Ottosander, M.-P., & Sprenger, S. (2024). Visuals of climate change in school textbooks. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 33(3), 245–260. <https://doi.org/10.1080/10382046.2023.2298557>
- Setyaningsih, W., Saputro, P. A., Indrayati, A., Kurniawan, E., Syifauddin, M., Wijaya, V., & Mahat, H. (2024). Spatial-temporal distribution and vulnerability level of tidal flooding in the coastal city of Semarang. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 14(5), 1607–1615. <https://doi.org/10.18280/ijssse.140527>
- Smit, E., Tuithof, H., Savelsbergh, E., & Béneker, T. (2023). Geography teachers' pedagogical content knowledge: A systematic review. *Journal of Geography*, 122(1), 20–29. <https://doi.org/10.1080/00221341.2023.2173796>
- Tang, K. (2024). Climate change education in Indonesia's formal education: A policy analysis. *npj Climate Action*, 3, Article 57. <https://doi.org/10.1038/s44168-024-00143-z>
- Tang, K. (2025). Teacher conceptions of climate change and their role in

- climate change education: Insights from Indonesian upper-secondary teachers. *Discover Sustainability*, 6, Article 486. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01334-2>
- Thacker, I. (2024). Supporting secondary students' climate change learning and motivation using novel data and data visualizations. *Contemporary Educational Psychology*, 78, Article 102285. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2024.102285>
- Tofel-Grehl, C., Hansen, T., Penrod, C., & Ellis, M. (2025). Pixels in a larger picture: A scoping review of the uses of technology for climate change education. *Journal of Science Education and Technology*, 34(3), 453–473. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10183-z>
- Usher, J., & Dolan, A. M. (2021). COVID-19: Teaching primary geography in an authentic context related to the lived experiences of learners. *Irish Educational Studies*, 40(2), 177–185. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1916555>
- Villamin, P., López, V., Thapa, D. K., & Cleary, M. L. (2025). A worked example of qualitative descriptive design: A step-by-step guide for novice and early career researchers. *Journal of Advanced Nursing*, 81(8), 5181–5195. <https://doi.org/10.1111/jan.16481>
- Wildbichler, S., Haagen-Schützenhöfer, C., & Schubatzky, T. (2025). Students' ideas about the scientific underpinnings of climate change: A systematic review of the literature. *Studies in Science Education*, 61(1), 117–169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2395206>
- Yang, D., Wang, C., & Qian, L. (2024). Does the use of GIS in geographical education yield better learning outcomes? Evidence from a quasi-experimental study on air pollution teaching. *Transactions in GIS*, 28(2), 433–454. <https://doi.org/10.1111/tgis.13142>
- Yuwono, B. D., Reyhan, A., Sabri, L. M., Nugraha, A. L., Suprayogi, A., & Pratama, M. R. (2026). Land subsidence rates and their implications for potential land loss in coastal Semarang-Demak. *Natural Hazards*, 122(11), 486. <https://doi.org/10.1007/s11069-026-08254-y>