

Mengukur Kompetensi Sains Pada Tema Emisi Karbon Berdasarkan Kerangka Kerja Sains PISA 2025

Novi Ariastanti*, Sifak Indana, Elok Sudibyo, Muhammad Satriawan, Laily Rosdiana
Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author: at.atimut.novi@gmail.com

Dikirim: 23-04-2026; Direvisi: 07-05-2026; Diterima: 11-05-2026

Abstrak: Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di era digital yang sangat pesat membuat sumber informasi yang diterima siswa menjadi sangat mudah, namun mereka kurang bisa memilih dan memilah mana informasi ilmiah yang benar. Penting sekali memberikan penekanan baru pada cara mendidik siswa yaitu untuk meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk mengambil keputusan dan tindakan melalui kompetensi sains. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kompetensi sains siswa berdasarkan kerangka kerja sains PISA 2025 sebagai referensi yang dapat digunakan untuk merencanakan metode pembelajaran sains yang tepat agar siswa memiliki kemampuan dalam menjelaskan fenomena secara ilmiah, menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis dan juga meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan teknik pengambilan data menggunakan metode tes dan angket. Subjek penelitian dipilih menggunakan *probability sampling* khususnya *random sampling* dimana kelas yang dipilih adalah siswa kelas X sebanyak 34 siswa jurusan akuntansi di SMKN 10 Surabaya. Instrument tes yang diberikan berfokus pada tema emisi karbon. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan rata-rata kompetensi sains siswa cukup yaitu sebesar 44,65 dengan rincian kompetensi menjelaskan fenomena secara ilmiah sebesar 45,44, kompetensi Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis sebesar 45,14 dan kompetensi meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan sebesar 43,38. Kompetensi sains perlu ditingkatkan hampir di semua kompetensi melalui metode pembelajaran yang tepat agar kompetensi sains siswa dapat meningkat dan mereka bisa memecahkan masalah dalam kehidupan dengan menerapkan kompetensi sains yang telah mereka pelajari.

Kata Kunci: kompetensi sains; emisi karbon; kerangka kerja Sains PISA 2025.

Abstract: The rapid development of science and technology in the digital era has made it very easy for students to receive information, but they are less able to select and sort out which scientific information is correct. It is very important to give a new emphasis on how to educate students, namely to research, evaluate and use scientific information to make decisions and actions through scientific competencies. This study aims to measuring students' scientific competencies based on the PISA 2025 science framework as a reference that can be used to plan appropriate science learning methods so that students have the ability to explain phenomena scientifically, compile and evaluate designs for scientific investigations and interpret data and evidence critically and also research, evaluate and use scientific information for decision making. This study uses a quantitative descriptive research type with data collection techniques using test and questionnaire methods. The research subjects were selected using probability sampling, especially random sampling where the selected class was 34 students of class X majoring in accounting at SMKN 10 Surabaya. The test instrument given focused on the theme of carbon emissions. Based on the

results of the study, it shows that overall the average student science competency is sufficient, namely 44.65 with details of the competency of explaining phenomena scientifically at 45.44, the competency of compiling and evaluating designs for scientific investigations and interpreting data and evidence critically at 45.14 and the competency of researching, evaluating and using scientific information for decision making at 43.38. Science competency needs to be improved in almost all competencies through appropriate learning methods so that students' science competency can increase and they can solve problems in life by applying the science competencies they have learned.

Keywords: science competency; carbon emission issue; pisa 2025 science framework.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di era digital membawa transformasi yang cukup signifikan pada kehidupan manusia di berbagai bidang (Sabilul et al., 2024). Hal ini menjadi landasan transformasi di bidang Pendidikan pada abad 21 yang tidak lagi berfokus pada pengetahuan faktual namun menekankan pada pengembangan kompetensi siswa secara holistik (Randitha Missouri et al., 2025). Pendidikan di SMK dituntut untuk menghasilkan lulusan siap kerja, kompeten dan mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi serta perkembangan industri modern sesuai dengan revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0 (Saputra & Arief, 2025). Sistem pendidikan di SMK harus efektif dalam menekankan penguasaan konten akademik, melatih siswa memiliki kemampuan berpikir kritis, memecahkan masalah kreatifitas, kolaborasi dan kompetensi sains yang relevan dengan tantangan global (Ayu et al., 2025)

Kompetensi sains merupakan kompetensi kunci yang dibutuhkan setiap individu untuk memahami dunia secara ilmiah, berpikir kritis terhadap berbagai persoalan serta mampu mengambil keputusan cerdas dalam kehidupan pribadi dan bermasyarakat (Alfiah et al., 2024). Sejumlah penelitian menunjukkan penguasaan kompetensi sains di SMK masih belum optimal, terutama jika dilihat dari capaian literasi ilmiah siswa di Indonesia yang masih dibawah rata-rata dalam pengukuran PISA (Zulaika et al., 2022b). Pengukuran kompetensi sains sangat penting untuk mengetahui sejauh mana kompetensi tersebut dapat tercapai dan memberikan dasar bagi perbaikan pembelajaran sains yang disesuaikan dengan kebutuhan dunia kerja (Sura Juddin, 2025). Salah satu cara untuk melakukan perbaikan dalam pembelajaran agar perencanaan pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan tepat sasaran dalah dengan mengidentifikasi kesiapan siswa (Chaidar Ghazy & Faslah, 2025). Melakukan identifikasi kesiapan siswa secara komprehensif, guru dapat menyusun perencanaan pembelajaran yang lebih efektif, memastikan setiap siswa mendapatkan pengalaman belajar yang bermakna, berkesadaran dan menggembirakan sesuai potensi mereka yang beragam (Ambrosius Tode Peya Nia Do et al., 2025).

Berdasarkan hasil PISA, kementerian Pendidikan dasar dan menengah menyarankan guru untuk memberikan penilaian kompetensi sains agar siswa dapat melatih kemampuannya untuk menganalisis fenomena dan mengambil keputusan berdasarkan bukti-bukti ilmiah. Pengukuran kompetensi sains belum banyak dilakukan untuk memetakan kemampuan siswa (Sura Juddin, 2025). Literasi sains yang rendah membuat siswa lebih sulit untuk memecahkan masalah dan membuat mereka lambat dalam mengambil keputusan. Hal ini juga menghambat siswa untuk mengembangkan dan meningkatkan kemampuan kreatif mereka dalam penerapan



sains dalam kehidupan sehari-hari. Siswa yang memiliki literasi sains yang tidak memadai juga cenderung kurang dapat menerima dan pemahaman baru tentang topik lingkungan, seperti fitur lokal dan regional serta fenomena alam (Fitri Muslihatun, 2025). Pengukuran kompetensi sains sangat penting untuk dilakukan agar guru dapat membuat perencanaan pembelajaran lebih baik.

Beberapa penelitian terdahulu yang sudah dilakukan menunjukkan rata-rata skor literasi sains siswa masih tergolong cukup rendah, contohnya pada materi isu lingkungan menunjukkan skor rata-rata literasi sains sebesar 67% pada siswa SMP (Putri et al., 2025). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pencapaian literasi sains siswa sebesar 54,14% dengan kriteria cukup, dan indikator pencapaian tertinggi adalah 60% pada aspek indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah (Amala et al., 2023). Begitu juga dengan skor literasi sains 63,92 pada murid SMP (Nur Yasinta & Hamsa, 2022) dan sebesar 44,72 pada SMP Islam jombang (Monica, 2024).

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, ternyata masih sedikit penelitian yang mengukur kompetensi sains siswa dengan menggunakan kerangka kerja sains PISA 2025, selain itu subjek penelitian hampir keseluruhan hanya siswa SMP sedangkan siswa SMK sangat jarang dilakukan sehingga kebaruan dalam penelitian ini adalah menggunakan subjek penelitian siswa SMK dan mengukur kompetensi sains menggunakan kerangka kerja sains PISA 2025 sehingga penelitian ini sangat penting untuk dilakukan agar bisa memberikan gambaran tentang kemampuan kompetensi sains siswa SMK yang dapat digunakan sebagai referensi untuk bisa meningkatkan pembelajaran sains. Penggunaan acuan kerangka kerja sains PISA 2025 diharapkan dapat memberikan gambaran lebih akurat tentang kemampuan siswa dalam menerapkan pembelajaran sains untuk menganalisis dan memecahkan masalah serta mengambil keputusan berdasarkan data yang ilmiah dalam menghadapi masalah di sekitarnya khususnya tentang masalah emisi karbon.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kompetensi sains siswa berdasarkan kerangka kerja sains PISA 2025. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Tujuan penelitian deskriptif kuantitatif adalah untuk menggambarkan secara objektif dan terukur suatu fenomena berdasarkan data numerik untuk menjelaskan suatu karakteristik, pola dan kecenderungan yang ada, serta menguji hubungan antar variabel tanpa memanipulasi atau mengontrolnya sehingga bisa menghasilkan kesimpulan yang lebih bisa digeneralisasi ke populasi yang lebih luas melalui analisis statistik (Nurhabiba, Misdalina, 2023).

Subjek penelitian dipilih menggunakan *probability sampling* khususnya *random sampling* dimana kelas dipilih secara acak tanpa mempertimbangkan kemampuan dalam populasi dengan asumsi bahwa semua kelas memiliki kompetensi sains yang sama. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah siswa kelas X SMK di SMKN 10 Surabaya dengan jumlah sampel sebanyak 34 siswa. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode tes dan angket. Metode tes diberikan kepada siswa berupa soal kompetensi sains dan metode angket untuk merespon soal kompetensi siswa pada tema emisi karbon. Penelitian ini dilakukan satu kali pertemuan dengan menggunakan instrumen soal yang mengacu pada kompetensi sains siswa dalam kerangka kerja PISA 2025 dengan tema isu emisi



karbon. Kompetensi sains tersebut meliputi Menjelaskan fenomena secara ilmiah, Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis, Meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan (Ramadhan et al., 2026).

Tabel 1. Kategori Kompetensi Sains

No	Indikator kompetensi sains	Deskripsi (sub indikator)
1	Menjelaskan fenomena secara ilmiah	Mengenali, menghasilkan, menerapkan dan mengevaluasi penjelasan dan solusi untuk berbagai fenomena alam dan masalah teknologi dengan menunjukkan kemampuan untuk: <ul style="list-style-type: none"> • Mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai • Mengenali dan mengembangkan hipotesis yang jelas tentang fenomena di dunia
2	Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis	Menyusun, menilai dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, cara menjawab pertanyaan ilmiah dan menafsirkan data dengan menunjukkan kemampuan untuk: <ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi pertanyaan dalam studi ilmiah yang diberikan • Mengusulkan desain eksperimen yang sesuai • Menginterpretasikan data yang disajikan dalam representasi yang berbeda, menarik kesimpulan yang tepat berdasarkan data dan mengevaluasi manfaat relatifnya
3	Meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan	Meneliti dan mengevaluasi informasi ilmiah, klaim dan argument dalam berbagai representasi dan konteks dan menarik kesimpulan yang tepat dengan menunjukkan kemampuan untuk: <ul style="list-style-type: none"> • Mencari, mengevaluasi dan mengomunikasikan manfaat relative dari berbagai sumber informasi (ilmiah, social, ekonomis dan etis) yang mungkin bermakna atau bermanfaat dalam mengambil keputusan tentang isu-isu yang berhubungan dengan sains dan apakah merasa mendukung sebuah argument atau solusi • Membenarkan keputusan dengan menggunakan argument ilmiah, baik individu maupun kelompok, yang berkontribusi pada penyelesaian isu-isu kontemporer atau pembangunan berkelanjutan

Sebelum melakukan tes kompetensi sains dalam penelitian ini, soal diuji validitas dan reliabilitasnya. Instrumen tes kompetensi sains yang dirancang terbukti memiliki kevalidan dan reliabilitas karena diukur menggunakan Cronbach's alpha sebesar 0,7168 pada pertanyaan yang digunakan. Setelah instrument tes valid maka diujikan pada siswa untuk mengetahui skor kompetensi sains siswa khususnya pada materi emisi karbon. Hasil kompetensi sains siswa yang diperoleh akan disesuaikan dengan kategori kompetensi sains siswa pada tabel 2.

Tabel 2. Kategori Kemampuan Kompetensi Sains Siswa

Skor kompetensi sains	Keterangan
0 – 20	Sangat rendah
21 - 40	Rendah
41 – 60	Sedang
61 – 80	Tinggi
81 – 100	Sangat tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan tes soal tema emisi karbon yang sudah valid pada siswa kelas X jurusan akuntansi di SMKN 10 Surabaya. Hasil penelitian ditampilkan pada tabel 3.

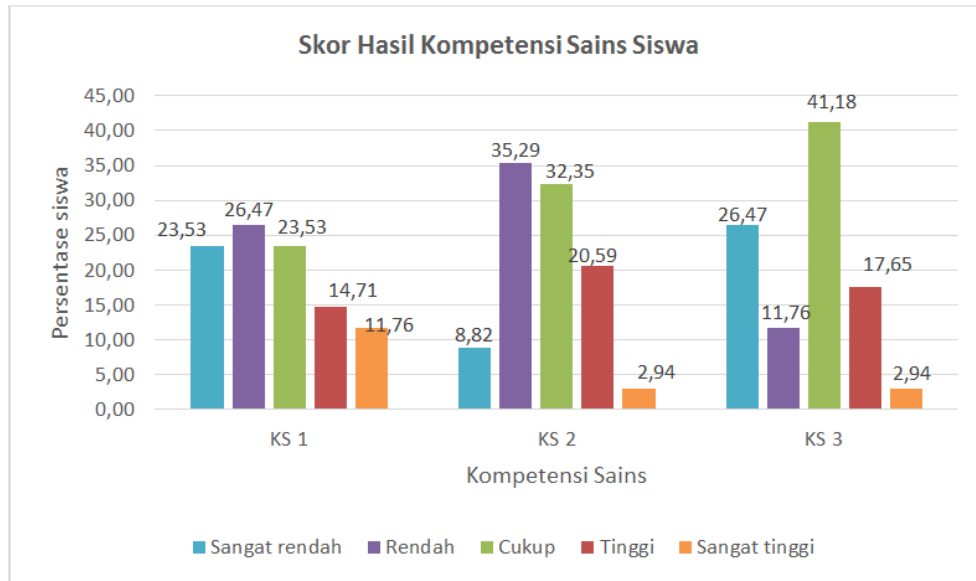
Tabel 3. Hasil Skor Kompetensi Sains Siswa

Indikator kompetensi sains	Nmin	Nmax	Rata-rata	Standar deviasi
Menjelaskan fenomena secara ilmiah	10	100	45,44	18,69
Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis	10	95	45,14	26,16
Meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan	10	95	43,38	21,35
Rata-rata kompetensi sains siswa SMK				44,65

Berdasarkan data hasil kompetensi sains siswa menunjukkan bahwa rata-rata seluruh indikator tergolong sedang karena hanya sebesar 44,65 dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan karena hanya selisih sedikit saja. Jika melihat data analisis sebaran (standar deviasi) menunjukkan kesenjangan yang besar pada indikator Menyusun dan mengevaluasi desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah yakni sebesar 26,16. Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat kesenjangan yang sangat besar pada siswa yang memiliki kemampuan tinggi dan rendah pada indikator tersebut. Hasil skor kompetensi sains siswa tersebut didukung oleh beberapa contoh jawaban soal yang masih kurang sesuai. Sebaran variasi kemampuan siswa yang terendah adalah pada indikator menjelaskan fenomena ilmiah sebesar 18,69, meskipun lebih homogen variasi kemampuan siswa namun rata-rata masih tergolong sedang karena rata-ratanya hanya 45,44.

Jika melihat rentang nilai pada hasil kompetensi sains menunjukkan ada siswa yang memiliki kemampuan sangat tinggi dan ada yang sangat rendah, namun Sebagian besar siswa masih berada jauh dibawah skor maksimum karena rata-ratanya hanya 44,65. Pada analisis kompetensi menunjukkan pada indikator “menjelaskan fenomena ilmiah” rata-rata skor paling tinggi yaitu 45,44 dengan variasi sebaran yang kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa siswa lebih menguasai kompetensi konseptual dasar daripada kompetensi investigative pada indikator 2 dan 3. Sedangkan pada indikator “Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis” variasi sebaran paling tinggi diantara indikator kompetensi yang lain. Pada indikator kompetensi ini merupakan kompetensi berpikir tingkat tinggi karena siswa dituntut untuk bisa mengevaluasi desain penyelidikan serta menginterpretasikan data. Penguatan pembelajaran berbasis penemuan konsep perlu diberikan secara mandiri agar siswa bisa meningkatkan kemampuan berpikirnya (Zulaika et al., 2022a). Pada indikator “Meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan” menunjukkan rata-rata terendah sebesar 43,38 yang mengindikasikan literasi sains kontekstual masih lemah. Salah satu penyebab rendahnya indikator KS 3 karena siswa mungkin mengalami kesulitan dalam menerapkan konsep ke situasi nyata. Skor sebaran kompetensi siswa pada masing-masing kompetensi 1,2 dan 3 ditampilkan dalam grafik pada gambar 1.

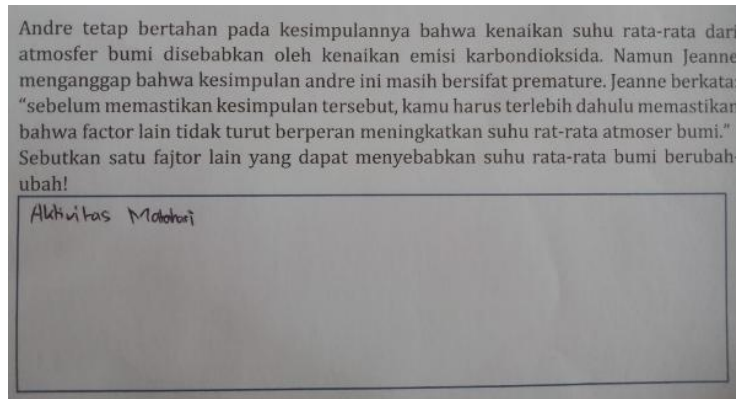




Gambar 1. Grafik Hasil Skor Kompetensi Sains Siswa

Jika ditinjau secara komparatif antar ketiga kompetensi (pada gambar 1), terlihat bahwa semakin tinggi tuntutan kognitif suatu indikator, semakin rendah capaian siswa pada kategori tinggi. KS1 yang bersifat konseptual memiliki distribusi yang lebih seimbang dibandingkan KS2 dan KS3 yang menuntut kemampuan analisis, evaluasi, dan sintesis. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara penguasaan pengetahuan faktual dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Perspektif Lev Vygotsky dapat menjelaskan fenomena ini, di mana perkembangan kemampuan kognitif tingkat tinggi sangat dipengaruhi oleh interaksi sosial dan scaffolding (Sinta Utami et al., 2023). Rendahnya capaian pada KS2 dan KS3 mengindikasikan bahwa proses pembelajaran belum optimal dalam menyediakan dukungan yang memadai untuk mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah secara mendalam. Pembelajaran kemungkinan masih dominan pada level pemahaman dasar (C1-C3 taksonomi bloom) dan belum konsisten mendorong level investigasi dan pengambilan keputusan (C4-C6 taksonomi bloom).

Berdasarkan hasil kompetensi sains siswa pada gambar 1 menunjukkan bahwa pada indikator KS 1 (menjelaskan fenomena secara ilmiah) hampir 50% siswa berada di kategori rendah-sangat rendah dan hanya $\pm 26\%$ di kategori tinggi-sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan untuk mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai, mengenali dan mengembangkan hipotesis yang jelas tentang fenomena di dunia masih perlu ditingkatkan. Ternyata hasil ini juga mengindikasikan bahwa Sebagian besar siswa belum bisa memahami penjelasan fenomena ilmiah secara utuh berbasis konsep meskipun jika dilihat berdasarkan perkembangan kognitifnya sudah masuk tahap operasional formal menurut Piaget (Maulana, 2024). Fenomena rendahnya indikator KS 1 juga hampir serupa terjadi pada siswa SMP yaitu 54,14% (Amala et al., 2023).

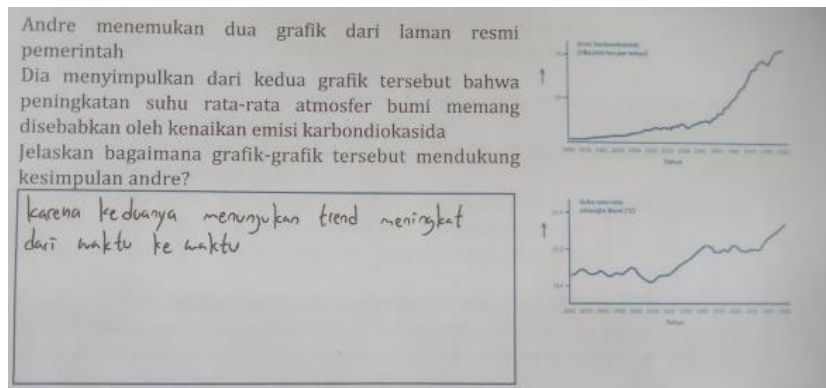


Gambar 2. Jawaban Siswa Pada Pertanyaan yang Menunjukkan KS1

Pada contoh jawaban tersebut menunjukkan tingkat pemahaman siswa hanya sebatas mengingat namun belum bisa menunjukkan jawaban yang eksploratif. Jawaban yang benar pada soal tersebut adalah “Faktor lain yang dapat menyebabkan perubahan suhu rata-rata Bumi selain emisi karbondioksida meliputi: Gas rumah kaca lainnya: Metana (CH_4) dari peternakan dan limbah, dinitrogen oksida (N_2O) dari pupuk kimia, serta gas fluorokarbon (CFC/HFC) dari industri pendingin dan manufaktur juga memerangkap panas di atmosfer. Deforestasi: Penggundulan hutan mengurangi jumlah pohon yang berfungsi menyerap karbon dioksida, sehingga mempercepat akumulasi gas tersebut di atmosfer. Aktivitas industri: Proses industri menghasilkan berbagai polutan dan gas rumah kaca tambahan. Variasi alami: Meskipun aktivitas manusia adalah penyebab utama saat ini, faktor alami seperti letusan gunung berapi, aktivitas Matahari (misalnya perubahan intensitas radiasi Matahari) yang dapat memengaruhi jumlah energi panas yang diterima bumi atau perubahan siklus matahari juga dapat memengaruhi iklim dalam jangka panjang”. Ketika siswa memberikan jawaban singkat maka menunjukkan belum stabilnya tahap operasional formal. Menurut Piaget, pada usia siswa SMK (umur 15 – 18 th) berada dalam tahapan perkembangan kognitif “tahap operasional formal” dengan ciri utama yaitu dapat berpikir secara abstrak, menalar hipotetis-deduktif dan mampu menganalisis kemungkinan (Maulana, 2024). Faktor lain yang dapat mempengaruhi jawaban singkat siswa adalah kurangnya Latihan metakognitif. Metakognitif merujuk pada berpikir tingkat tinggi yang melibatkan kontrol aktif dalam proses kognitif belajar dalam memecahkan suatu masalah (Iskandar, 2014).

Pada indikator KS 2 pada gambar 1 (Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis) terlihat bahwa siswa yang memperoleh skor sangat tinggi hanya sekitar 2,94% dan dominan pada kategori rendah dan cukup. Ini menunjukkan bahwa kemampuan investigasi / melakukan penyelidikan yang mencakup kemampuan untuk mengidentifikasi pertanyaan dalam studi ilmiah yang diberikan, mengusulkan desain eksperimen yang sesuai, menginterpretasikan data yang disajikan dalam representasi yang berbeda, menarik kesimpulan yang tepat berdasarkan data dan mengevaluasi manfaat relatifnya masih rendah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan siswa sering mengalami kesulitan pada domain prosedural dan epistemik dalam pembelajaran sains (Wanjat Kastolani, 2016). Kerangka kerja sains PISA 2025 mengacu pada Pengetahuan prosedural yakni pemahaman siswa tentang prosedur, proses dan praktik yang digunakan dalam penyelidikan ilmiah, sedangkan

pengetahuan epistemic yaitu hakikat, struktur dan pembenaran ilmu pengetahuan alasan di balik penggunaan prosedur (Putri et al., 2025). Indikasi lain dari data indikator KS 2 adalah masih diterapkannya pembelajaran yang berorientasi pada pemahaman konsep (mengingat), bukan pada eksplorasi, discovery maupun inkuiri yang menuntut keterlibatan kognitif tingkat tinggi.



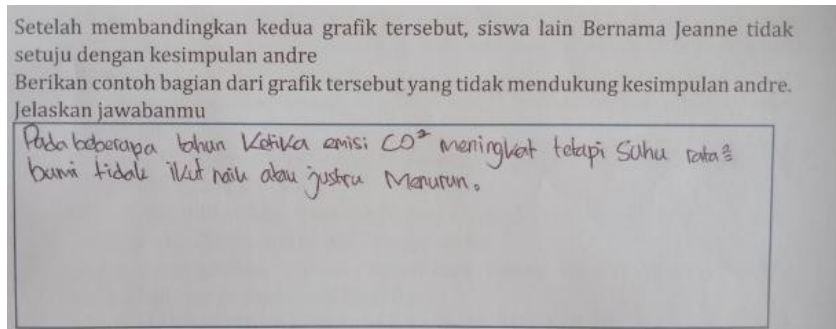
Gambar 3. Jawaban Siswa Pada Pertanyaan yang Menunjukkan KS 2

Pada contoh jawaban tersebut menunjukkan kemampuan siswa dalam menginterpretasikan data dan bukti secara kritis masih kurang karena siswa belum bisa memaknai data grafik dengan baik. Jawaban yang benar pada soal tersebut adalah “Grafik tersebut mendukung kesimpulan Andre melalui korelasi positif (hubungan searah) antara kedua variabel dalam jangka panjang. Tren yang Sama: Jika diperhatikan, kedua grafik menunjukkan tren kenaikan yang serupa sejak tahun 1860 hingga 1990. Peningkatan Signifikan: Pada grafik atas (emisi CO₂), terjadi lonjakan tajam mulai sekitar tahun 1950. Di saat yang hampir bersamaan, grafik bawah (suhu rata-rata) juga menunjukkan tren kenaikan yang lebih curam. Hubungan Sebab-Akibat: Kesamaan pola ini memberikan bukti visual bahwa ketika jumlah CO₂ di atmosfer meningkat, suhu rata-rata bumi juga cenderung meningkat”.

Dari perbandingan kedua jawaban antara yang ditulis siswa dan yang benar, maka nampak sekali terlihat bahwa siswa hanya menuliskan secara general jawaban dengan singkat namun tidak menuliskan data-data lain yang mendukung kesimpulan tersebut. Hal ini mengindikasikan siswa belum bisa menghubungkan antara pertanyaan yang diminta dengan bukti-bukti ilmiah. Dengan mengetahui tingkat kompetensi siswa ini dapat memberikan gambaran kepada guru bagian mana yang harus dikuatkan agar siswa dapat meningkatkan kompetensi sainsnya pada KS 2 yaitu menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis.

Pada indikator KS3 pada gambar 1 (Meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan), sebaran data menunjukkan paling tinggi kategori cukup sebanyak 41,18% dan sangat rendah 26,47%. Meskipun pada indikator KS 3 ada peningkatan pada kategori cukup namun pada kategori sangat tinggi hanya sedikit yaitu sebanyak 2,94%. Hal ini menunjukkan kemampuan mengevaluasi dan mengambil keputusan berdasarkan informasi ilmiah masih terbatas. Siswa cenderung mampu memahami secara parsial atau Sebagian namun belum bisa mengintegrasikan bukti ilmiah untuk menghasilkan keputusan yang rasional dan berbasis data. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menekankan

bahwa kemampuan argumentasi ilmiah siswa tergolong lemah karena kurangnya Latihan dalam menghubungkan bukti dan penalaran ilmiah (Hapid et al., 2025)



Gambar 4. Jawaban Siswa Pada Pertanyaan Yang Menunjukkan KS 3

Pada contoh jawaban tersebut menunjukkan kemampuan siswa dalam meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan masih kurang karena siswa belum bisa melakukan evaluasi data berdasarkan informasi dari soal sebelumnya. Jawaban yang benar pada pertanyaan tersebut adalah “Perhatikan periode antara tahun 1900 hingga 1910 atau sekitar tahun 1940 hingga 1970. Pada periode tersebut (khususnya 1940–1970), grafik emisi CO₂ terus meningkat dengan stabil, namun grafik suhu rata-rata justru terlihat mendatar atau bahkan sedikit menurun. Hal ini menunjukkan bahwa suhu tidak selalu mengikuti pergerakan CO₂. Jika CO₂ adalah satu-satunya penyebab, seharusnya suhu tidak akan turun saat emisi gas tersebut sedang naik. Ini menunjukkan adanya faktor alam atau variabel lain yang juga memengaruhi suhu Bumi selain karbon dioksida”. Jika melihat perbandingan antara jawaban yang diberikan siswa dan jawaban yang benar maka kompetensi sains pada indikator ini menunjukkan bahwa siswa menuliskan kesimpulan secara garis besarnya saja tanpa menyebutkan bukti data ilmiah berdasarkan data grafik yang merupakan inti dari kompetensi sains 3 yaitu meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan. Dari data ini memberikan gambaran pada guru untuk memberikan pembiasaan pembelajaran yang menuntut siswa mengonstruksi pemahamannya sendiri melalui investigasi yang dilakukan saat pembelajaran agar mereka dapat menerapkan hasil pembelajaran sains ketika memecahkan masalah yang mereka temui dalam kehidupan.

Secara keseluruhan, data ini memperlihatkan bahwa kompetensi sains siswa masih berada pada tahap transisi dari pemahaman dasar menuju kemampuan berpikir ilmiah yang lebih kompleks. Rendahnya capaian pada kategori tinggi dan sangat tinggi di semua indikator menegaskan perlunya transformasi pendekatan pembelajaran menuju model yang lebih konstruktivistik dan berbasis inkuiri (Indrawati, 2025). Strategi yang bisa dilakukan untuk meningkatkan kompetensi sains antara lain memperkuat struktur konseptual, memberikan scaffolding secara bertahap dan memberikan pembelajaran berbasis *sosioscientific issues* (SSI), PBL, PjBL agar siswa bisa mengambil keputusan dan berargumentasi berbasis bukti ilmiah. Argumentasi ilmiah merupakan kompetensi inti yang bisa mengembangkan kemampuan berpikir logis, kritis dan siswamatis siswa (Ulfah et al., 2025). Penelitian-penelitian terkini dalam pendidikan sains menegaskan bahwa strategi seperti *inquiry-based learning*, *problem-based learning*, dan *argument-driven inquiry* efektif dalam meningkatkan kualitas penalaran ilmiah siswa. Oleh karena itu,

hasil ini tidak hanya memberikan gambaran kondisi aktual kompetensi siswa, tetapi juga menjadi dasar empiris untuk merancang intervensi pedagogis yang lebih tepat sasaran dalam meningkatkan literasi sains dan kemampuan argumentasi ilmiah siswa SMK.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kompetensi sains siswa sesuai dengan kerangka kerja sains dimana hasilnya menunjukkan bahwa secara keseluruhan rata-rata kompetensi sains siswa sebesar 44,65 dengan rincian kompetensi menjelaskan fenomena secara ilmiah, kompetensi Menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis dan kompetensi Meneliti, mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan masih rendah. Semakin tinggi tuntutan kognitif suatu indikator, semakin rendah capaian siswa pada kategori tinggi. KS1 yang bersifat konseptual memiliki distribusi yang lebih seimbang dibandingkan KS2 dan KS3 yang menuntut kemampuan analisis, evaluasi, dan sintesis. Kesenjangan antara penguasaan pengetahuan faktual dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Peningkatan kompetensi sains perlu dilakukan hampir di semua kompetensi sehingga guru perlu meningkatkan strategi pembelajaran yang sesuai dengan memperkuat struktur konseptual, memberikan scaffolding secara bertahap dan memberikan pembelajaran berbasis *sosioscientific issues* (SSI), PBL, PjBL agar siswa bisa mengambil keputusan dan berargumentasi berbasis bukti ilmiah

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, M. H., Bramastia, & Sukarmin. (2024). Peran Literasi Sains dalam Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK : Sebuah Tinjauan Literatur The Role of Science Literacy in Enhancing Competencies of Vocational High School Students : A Literature Review. *Proceeding Biology Education Conference*, 21, 108–115.
- Amala, I. A., Sutarto, S., Putra, P. D. A., & Indrawati, I. (2023). Analysis of Scientific Literacy Ability Junior High School Students in Science Learning on Environmental Pollution. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1001–1005. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.1816>
- Ambrosius Tode Peza Nia Do, Benediktus Rahawarin, Siti Zulaikha, & Muh. Takdir. (2025). Potensi Penerapan Deep Learning dalam Penguatan Karakter Profil Pelajar Pancasila: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 472–485. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1613>
- Ayu, G. N., Putri, C. A., Riyanto, A. R., & Koto, I. (2025). The Scientific Literacy Competence of Students in Indonesia and Mexico Based on PISA 2022: An International Comparative Study. *TOFEDU: The Future of Education Journal*, 4(5), 1033–1038. <https://doi.org/10.61445/tofedu.v4i5.525>
- Chaidar Ghazy, A., & Faslah, R. (2025). Pengendalian Mutu Pendidikan: Strategi Membangun Budaya Mutu dan Mewujudkan Pembelajaran Berkualitas di



- Sekolah. *Raudhah Proud To Be Professionals : Jurnal Tarbiyah Islamiyah*, 10(3), 1019–1034.
<https://ejournal.stairu.ac.id/index.php/raudhah/article/view/1007>
- Fitri Muslihatun, B. Z. (2025). *UTILIZING THE LOCAL ENVIRONMENT AS A LEARNING RESOURCE IN*. 6(2), 95–112.
- Hapid et al. (2025). Analisis Kemampuan Argumentasi Ilmiah Peserta Didik Menggunakan. *Al-Alam: Islamic Natural Science Education Journal*, 4(2), 46–55.
- Indrawati. (2025). *TRANSFORMASI PEMBELAJARAN SAINS DI SEKOLAH DASAR MELALUI PENDEKATAN INKUIRI, PBL, PjBL, DAN STEM DALAM MENUMBUHKAN KETERAMPILAN ABAD KE-21*. 10, 257–268.
- Iskandar, S. M. (2014). Pendekatan Keterampilan Metakognitif Dalam Pembelajaran Sains Di Kelas. *Erudio Journal of Educational Innovation*, 2(2), 13–20.
<https://doi.org/10.18551/erudio.2-2.3>
- Maulana. (2024). Teori Perkembangan Kognitif Piaget Pada Tahap Operasional Formal. *Al-Ahnaq: Journal of Islamic Education, Learning and Religious Studies*, 1(1), 1–11.
- Monica, E. (2024). Measuring Learners' Scientific Literacy Skills using Contextual Environmental Issues. *Jurnal Pendidikan*, 25(4), 1648–1664.
<https://jpmipa.fkip.unila.ac.id/index.php/jpmipa/article/view/141>
- Nur Yasinta, I., & Hamsa, A. (2022). Curricula: Journal of Teaching and Learning the Ninth Graders' Pisa-Based Reading Literacy Competence. *Curricula: Journal of Teaching*, 3, 12–29. <https://doi.org/10.22216/jcc.2022.v7i1.919>
- Nurhabiba, Misdalina, T. (2023). KEMAMPUAN HIGHER ORDER THINKING SKILL (HOTS) DALAM PEMBELAJARAN BERDIFERENSIASI SD 19 PALEMBANG. *Detikproperti*, 6, 119–121.
- Putri, P. N., Rachmadiarti, F., Purnomo, T., & Satriawan, M. (2025). Measuring Scientific Literacy of Students' Through Environmental Issues Based on PISA 2025 Science Framework. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(3), 44–53.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10413>
- Ramadhan, H., Saputro, S., Mahardiani, L., Jati, A., & Potabuga, T. I. (2026). *Enhancing Students' Scientific Literacy through Deep Learning : A Systematic Review of Science Learning Models*. 14(1), 49–62.
- Randitha Missouri, Jamilah, S., Masita, Sahid, A., & Safira, D. P. (2025). Tinjauan Sistematis terhadap Inovasi, Kolaborasi, dan Teknologi dalam Manajemen Pendidikan Abad 21. *Pendiri: Jurnal Riset Pendidikan*, 2(2), 65–73.
<https://doi.org/10.63866/pendiri.v2i2.88>
- Sabilul, R., Ramadhan, A., & Husamah, H. (2024). *Strategi mengajarkan tema pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development goals / SDGs) di sekolah menengah : review hasil-hasil penelitian di indonesia*. November, 133–138.



- Saputra, I., & Arief, U. M. (2025). Literature Review: Peran Teknologi Internet of Things terhadap Peningkatan Kompetensi (Kognitif, Psikomotorik dan Afektif) pada Siswa Bidang Teknik Elektro. *Bookchapter Teknik Elektro*. <https://proceedings.unnes.ac.id/index.php/bte/article/view/382%0Ahttps://proceedings.unnes.ac.id/index.php/bte/article/download/382/355>
- Sinta Utami, P., Dkk, Bashofi, F., Sejarah dan Sosiologi, P., & Budi Utomo, I. (2023). *Penguatan Pembelajaran Berbasis Kecakapan Abad 21 Melalui Budaya Lokal: Studi Literature Review Teori Vygostsky dan Ki Hadjar Dewantara*. 208–219. <https://doi.org/10.33503/prosiding.v4i01.3683>
- Sura Juddin, D. D. P. (2025). LITERATURE REVIEW: DIFERENSIASI DAN PEMBELAJARAN PERSONAL DALAM KEGIATAN IPA. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 6(0.1101/2021.02.25.432866), 1–14.
- Ulfah, A. Z., Imam Supardi, Z. A., Erman, E., Satriawan, M., & Rizki, I. A. (2025). Implementation of Science, Technology, and Society Approach in Science Learning to Develop Science Literacy: Evidence-Based Literature Review. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(4), 1110–1122. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v13i4.48470>
- Wanjat Kastolani, M. R. (2016). Pengembangan Model Pembelajaran Sts (Science-Technology Society) Untuk Meningkatkan Kepedulian Mahasiswa Terhadap Lingkungan Hidup Pada Matakuliah Ekologi Manusia. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 15(1).
- Zulaika, A., Erlina, & Rachmat Sahputra. (2022a). Systematic Literature Review: Bagaimanakah Pembelajaran IPA Berbasis Keterampilan Proses Sains yang Efektif Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis? *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 1–7.
- Zulaika, A., Erlina, & Rachmat Sahputra. (2022b). Systematic Literature Review: Tren Penelitian Literasi Sains Siswa SMA Berorientasi PISA di Indonesia Periode 2016-2025. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 1–7.

