



## Pengembangan Instrumen Tes Literasi Sains Berdasarkan Framework PISA 2025 untuk Siswa SMA

Maya Mustika<sup>1\*</sup>, Fatchiyatun Ni'mah<sup>2</sup>, Ennike Gusti Rahmi<sup>3</sup>, Saulim DT Hutahaean<sup>4</sup>

<sup>1\*,4</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Palangka Raya, Palangkaraya, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Palangka Raya, Palangkaraya, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Palangka Raya, Palangkaraya, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>[maya.mustika@fkip.upr.ac.id](mailto:maya.mustika@fkip.upr.ac.id), <sup>2</sup>[fatchiyatun@fkip.upr.ac.id](mailto:fatchiyatun@fkip.upr.ac.id), <sup>3</sup>[ennikerahmi@gmail.com](mailto:ennikerahmi@gmail.com),

<sup>4</sup>[saulim.gcr@gmail.com](mailto:saulim.gcr@gmail.com)

### Informasi Artikel

Submitted: 23-02-2026

Accepted: 24-03-2026

Published: 15-04-2026

### Keywords:

Scientific Literacy

Assessment Instrument

Physics

Chemistry

Biology

### Abstract

*The achievement of Indonesian students' scientific literacy in PISA is still low, requiring the development of valid and contextual assessment instruments. This study aims to develop a scientific literacy instrument based on the PISA 2025 Framework with the unique use of the local context of Kalimantan for high school students that is valid and reliable in the subjects of Physics, Chemistry, and Biology. The research method uses a Research and Development (R&D) approach with an adapted 4D development model (Define, Design, Develop, Dissemination). In this study, the implementation of the 4D development model only reaches the development stage. The results of the instrument validation test by 3 validators showed an average score of 3.72 with a very good category. The instrument trial involved 241 grade 10th and 11th high school students in Palangka Raya. The empirical test results produced 18 valid physics questions with a reliability value of 0.784 (high), 19 valid chemistry questions with a reliability value of 0.814 (very high), and 15 valid biology questions with a reliability value of 0.735 (high). Thus, the scientific literacy instrument developed based on the PISA 2025 Framework has proven valid and reliable for measuring students' scientific competencies. This instrument can be used by teachers as a formative assessment tool in the classroom, a reference for developing contextual science questions aligned with international standards for high school students, and is expected to improve Indonesian students' scientific literacy achievements in accordance with PISA standards.*

### Abstrak

Capaian literasi sains siswa Indonesia dalam PISA masih tergolong rendah, sehingga diperlukan pengembangan instrumen penilaian yang valid dan kontekstual. Penelitian ini bertujuan mengembangkan instrumen literasi sains berbasis Kerangka PISA 2025 dengan keunikan penggunaan konteks lokal Kalimantan untuk siswa SMA yang valid dan reliabel pada mata pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi. Metode penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D yang diadaptasi (*Define, Design, Develop, Dissemination*). Dalam penelitian ini, penerapan model pengembangan 4D hanya sampai pada tahap *Develop*. Hasil uji validasi instrumen oleh 3 validator menunjukkan skor rata-rata 3,72 dengan kategori sangat baik. Uji coba instrumen melibatkan 241 siswa kelas X dan XI SMA di Palangka Raya. Hasil uji empiris menghasilkan 18 soal fisika valid dengan nilai reliabilitas 0,784 (tinggi), 19 soal kimia valid dengan nilai reliabilitas 0,814 (sangat tinggi), dan 15 soal biologi valid dengan nilai reliabilitas 0,735 (tinggi). Dengan demikian, instrumen literasi sains yang dikembangkan berbasis Kerangka PISA 2025 terbukti valid dan reliabel untuk mengukur kompetensi ilmiah

siswa. Instrumen ini dapat digunakan oleh guru sebagai alat penilaian formatif di kelas, referensi pengembangan soal sains kontekstual yang selaras dengan standar internasional untuk siswa SMA, dan diharapkan dapat meningkatkan capaian literasi sains siswa Indonesia sesuai standar PISA.

**Kata Kunci:** Literasi Sains, Instrumen Penilaian, Fisika, Kimia, Biologi.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan sains dan teknologi pada abad ke-21 menuntut individu memiliki kemampuan berpikir ilmiah yang kuat untuk memahami, mengevaluasi, dan mengambil keputusan berbasis bukti dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu keterampilan utama yang mencerminkan kompetensi ini adalah literasi sains. Literasi sains tidak hanya mencakup pengetahuan tentang konsep ilmiah, tetapi juga keterampilan menggunakan pengetahuan tersebut dalam konteks nyata, seperti mengidentifikasi pertanyaan ilmiah, menjelaskan fenomena secara ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah untuk mengambil keputusan yang bertanggung jawab [1].

Data dari penilaian internasional *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan negara-negara lain. Pada PISA 2018, Indonesia menempati peringkat ke-71 dari 79 negara dengan skor rata-rata 396, jauh di bawah rata-rata OECD sebesar 489 [2]. Hasil ini mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa Indonesia belum mampu menerapkan pengetahuan ilmiah mereka untuk memecahkan masalah kontekstual atau berpikir kritis tentang isu-isu sains dalam kehidupan. Penelitian terkait menemukan bahwa faktor penyebab rendahnya literasi sains peserta didik antara lain pemilihan buku ajar, miskonsepsi, pembelajaran yang tidak kontekstual, dan kemampuan membaca peserta didik [3].

Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya literasi sains siswa adalah terbatasnya ketersediaan instrumen penilaian yang autentik dan terstandar yang mampu mengukur keterampilan berpikir ilmiah secara komprehensif [3][4][5]. Penilaian di SMA umumnya masih berfokus pada aspek kognitif tingkat rendah seperti menghafal rumus, definisi, dan prosedur eksperimen tanpa menilai kemampuan siswa dalam mengaitkan konsep ilmiah dengan konteks kehidupan nyata.

Pembelajaran kimia di Indonesia masih didominasi pendekatan konvensional yang berorientasi hafalan daripada penalaran ilmiah, sehingga berdampak pada lemahnya kemampuan siswa dalam bernalar tentang fenomena ilmiah secara logis dan berbasis bukti [3],[6]. Kondisi ini berdampak pada lemahnya kemampuan siswa dalam bernalar tentang fenomena ilmiah secara logis dan berbasis bukti. Namun, dalam konteks pendidikan sains modern, penilaian bukan hanya alat untuk mengukur hasil belajar tetapi juga instrumen krusial untuk mengembangkan dan memotivasi keterampilan berpikir ilmiah siswa [7].

Di sisi lain, instrumen literasi sains yang diadaptasi dari penilaian internasional seperti PISA seringkali tidak sepenuhnya selaras dengan konteks sosial dan budaya Indonesia. Banyak soal yang menyajikan fenomena atau isu yang jauh dari pengalaman sehari-hari siswa sekolah menengah [3],[8]. Pengembangan instrumen berbasis PISA di Indonesia yang telah ada umumnya mengacu pada kerangka PISA 2018, yang mendefinisikan literasi sains sebagai kemampuan menjelaskan fenomena, mengevaluasi dan merancang inkuiri ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah [9]. Namun, framework PISA 2025 membawa perubahan signifikan dengan memperkuat dimensi “agency” siswa dalam konteks sosiosains (Socio-Scientific Issue/SSI), mengintegrasikan isu perubahan iklim, keberlanjutan, dan teknologi digital sebagai konteks wajib, serta menitikberatkan pada kemampuan siswa untuk berpikir sebagai warga negara yang reflektif dan bertanggung jawab [10]. Perbedaan mendasar ini menuntut pengembangan instrumen baru yang secara eksplisit mengukur kompetensi literasi sains versi terbaru tersebut. Oleh karena itu, pengembangan instrumen penilaian literasi sains yang menggunakan kerangka PISA 2025 menjadi sangat mendesak dilakukan sekarang, agar guru dan siswa Indonesia dapat bersiap menghadapi asesmen PISA mendatang dengan instrumen yang relevan dan terstandar. Selain itu, instrumen ini dirancang dengan mengintegrasikan isu-isu Socio-Scientific Issues (SSI) yang bersumber dari konteks lokal Kalimantan, khususnya permasalahan Lahan Gambut Tropis dan Daerah Aliran Sungai (DAS). Konsep SSI menekankan bahwa isu-isu ilmiah yang memiliki dimensi sosial, etis, dan lingkungan merupakan medium terbaik untuk mengembangkan literasi sains yang autentik [11][12]. Pemilihan konteks gambut dan DAS bukan sekadar untuk “melokalisasi” soal, melainkan karena isu-isu ini secara inheren bersifat multidimensional: melibatkan sains (kimia pembakaran, hidrologi, ekologi), dimensi sosial (ketergantungan masyarakat lokal), dimensi ekonomi (perkebunan), dan dimensi etis (hak lingkungan)[13]. Dengan demikian, instrumen yang dikembangkan bukan sekadar soal ujian biasa, melainkan alat ukur literasi sains yang autentik yang mendorong siswa berpikir kritis tentang isu-isu sains dalam kehidupan nyata mereka. Penelitian ini

bertujuan untuk mengembangkan instrumen penilaian literasi sains berbasis Kerangka PISA 2025 untuk siswa SMA, menentukan kelayakan instrumen melalui validasi ahli, dan menguji kepraktisan instrumen melalui uji coba terbatas pada siswa di SMA kota Palangka Raya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada Oktober–November 2025 di SMAN 1 Palangka Raya dan SMAN 4 Palangka Raya. Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan tujuan menghasilkan produk berupa Instrumen Literasi Sains pada materi Fisika, Kimia, dan Biologi berbasis Kerangka PISA 2025 untuk siswa SMA. Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan dan Semmel yang terdiri dari empat tahap, yaitu *Define, Design, Develop, dan Disseminate* [9]. Namun, dalam penelitian ini proses pengembangan dibatasi hingga tahap *Develop*, sedangkan tahap *Disseminate* tidak dilaksanakan karena keterbatasan waktu dan ruang lingkup penelitian.

### 2.1. Prosedur Pengembangan

Prosedur penelitian R&D ini mengikuti tiga tahap utama model 4D (*Define, Design, Develop*) yang telah diadaptasi sesuai kebutuhan penelitian. Diawali dengan tahap *Define*, bertujuan untuk menentukan dan menganalisis kebutuhan pengembangan instrumen literasi sains. Kegiatan pada tahap ini meliputi: (1) Analisis Kurikulum dengan menelaah kompetensi dasar dan capaian pembelajaran sains SMA untuk melihat keterkaitan dengan literasi sains dan relevansinya dengan kerangka PISA, (2) Analisis Siswa, yaitu menganalisis karakteristik siswa SMA, termasuk keterampilan berpikir, pengalaman belajar, dan tingkat pemahaman sains, (3) Analisis Tugas, dengan mengidentifikasi konten, proses sains, dan konteks yang relevan untuk disusun menjadi indikator literasi sains sesuai domain PISA pada mata pelajaran Fisika, Kimia dan Biologi, serta (4) Analisis Konsep, untuk menentukan konsep-konsep utama yang akan digunakan sebagai dasar penyusunan butir soal literasi sains.

Kedua, tahap *design* yang dilaksanakan untuk merancang instrumen tes berdasarkan identifikasi kebutuhan. Kegiatan pada tahap ini meliputi: (1) Penyusunan Kisi-kisi Instrumen, yaitu menyusun kisi-kisi berdasarkan kompetensi literasi sains PISA (konten, proses, dan konteks) untuk bidang Fisika, Kimia, dan Biologi. (2) Pemilihan Format dan Jenis Soal dengan menentukan bentuk soal (pilihan ganda, isian singkat, atau kombinasi) dan menentukan jumlah butir soal berdasarkan kebutuhan. (3) Perancangan Draf Awal Instrumen, yaitu membuat butir soal berdasarkan kisi-kisi dengan memperhatikan level kognitif, kejelasan redaksi, fenomena kontekstual, dan karakteristik literasi sains, serta (4) Penyusunan Rubrik Penilaian, yaitu mengembangkan panduan penskoran untuk memastikan proses penilaian dapat dilakukan secara objektif.

Tahap terakhir yaitu *develop*, bertujuan menghasilkan instrumen yang valid dan reliabel melalui serangkaian proses pengembangan. Kegiatan ini meliputi: (1) Validasi Ahli (*Expert Judgment*), dimana draf awal instrumen dinilai oleh para ahli/dosen dengan keahlian dalam pendidikan sains dan literasi ilmiah. Validasi mencakup aspek: kesesuaian isi, konstruksi butir soal, keakuratan bahasa, dan relevansi dengan kerangka PISA. (2) Revisi Instrumen: Instrumen direvisi berdasarkan masukan validator, meliputi perbaikan isi, konteks, dan bahasa. (3) Uji Coba Terbatas: Instrumen diuji cobakan pada sejumlah siswa SMA untuk mengetahui kualitas empiris butir soal. (4) Analisis Validitas dan Reliabilitas: validitas dianalisis menggunakan korelasi item-total, sedangkan reliabilitas dihitung menggunakan *Cronbach Alpha*. Soal yang tidak valid kemudian direvisi atau dihapus. (5) Perbaikan Instrumen Akhir: berdasarkan hasil uji coba dan analisis data, dilakukan revisi untuk menghasilkan instrumen final yang layak digunakan.

### 2.2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini terdiri dari: (1) Validator ahli yang merupakan dosen bidang pendidikan sains (fisika, kimia, dan biologi); (2) Peserta uji coba instrument, yaitu siswa SMA kelas 10 dan 11 yang dipilih secara purposif untuk uji coba terbatas pada 241 siswa.

### 2.3. Instrumen Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui lembar validasi ahli, hasil uji coba instrumen soal literasi sains, dan dokumentasi (kisi-kisi, revisi, dan catatan validasi).

### 2.4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data meliputi validitas isi yang dianalisis menggunakan formula Aiken's V untuk menghitung koefisien validitas isi berdasarkan penilaian tiga validator ahli terhadap suatu butir soal. Butir soal dinyatakan valid secara isis apabila koefisien Aiken's  $V \geq 0,75$ . Validitas empiris dianalisis menggunakan korelasi item-total (*Corrected Item-Total Correlation*), dimana butir soal dinyatakan valid

apabila  $r_{hitung} > r_{tabel}$  pada taraf signifikansi 5%. Analisis reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien Cronbach's Alpha untuk menentukan konsistensi internal instrumen secara keseluruhan. Kriteria reliabilitas yang digunakan mengacu pada kategori: nilai 0,80–1,00 (sangat tinggi), 0,60–0,79 (tinggi), 0,40–0,59 (cukup), 0,20–0,39 (rendah), dan  $< 0,20$  (sangat rendah). Selain itu, distribusi butir soal yang valid dianalisis berdasarkan sebaran level kognitif (tinggi/T, menengah/M, rendah/R) untuk memastikan instrumen akhir mewakili ketiga level kognitif secara proporsional. Nilai Cronbach's *Cronbach Alpha* yang diperoleh mengindikasikan tingkat konsistensi internal instrumen secara keseluruhan dalam mengukur konstruk literasi sains yang dituju.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil

Dalam penelitian ini, literasi sains didefinisikan sebagai kemampuan individu untuk menggunakan pengetahuan ilmiah, mengidentifikasi pertanyaan, dan menarik kesimpulan berbasis bukti untuk memahami fenomena alam, mengambil keputusan, dan memecahkan masalah yang berkaitan dengan isu-isu ilmiah dalam kehidupan nyata [14]. Namun dalam pengembangannya, kompetensi sains dalam PISA 2025 menjadi landasan pengembangan instrumen literasi sains sehingga butir soal yang dihasilkan mampu mengukur keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), penalaran ilmiah, dan kemampuan siswa mengaitkan sains dengan masalah kontekstual [15].

Berdasarkan hasil analisis pada tahap *define*, instrumen yang dikembangkan mengacu pada tiga kompetensi utama literasi sains PISA 2025, yaitu: (1) Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah (K1): Kompetensi ini menuntut siswa menggunakan konsep, prinsip, dan teori ilmiah untuk menjelaskan berbagai fenomena alam dan teknologi. (2) Mengevaluasi dan Merancang Inkuiri Ilmiah (K2): Kompetensi ini berkaitan dengan kemampuan siswa memahami metode ilmiah, merancang eksperimen sederhana, mengidentifikasi variabel, dan mengevaluasi validitas suatu investigasi ilmiah. (3) Menginterpretasikan Data dan Bukti Secara Ilmiah (K3): Kompetensi ini mengukur kemampuan siswa menganalisis data, membaca grafik atau tabel, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah [8].

Hasil analisis menunjukkan bahwa kompetensi dan konteks literasi sains PISA 2025 memiliki keselarasan yang kuat dengan Kurikulum Merdeka [15]. Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran berbasis kompetensi, penguatan HOTS, dan pengembangan Profil Pelajar Pancasila, yang selaras dengan tujuan literasi sains PISA 2025. Capaian pembelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi di tingkat SMA mendukung pengembangan instrumen literasi sains yang mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan proses sains, dan sikap ilmiah. Oleh karena itu, pengembangan instrumen literasi sains berbasis kerangka PISA 2025 dianggap relevan dan kontekstual untuk diterapkan pada siswa SMA dalam Kurikulum Merdeka. Soal dikembangkan berdasarkan konteks *personal* (P), *local* (L) dan *global* (G) yang mencakup pengetahuan *content* (C), *procedural* (P) dan *epistemic* serta dengan level kognitif tinggi (T), menengah (M), dan rendah (R). Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 berikut menampilkan kisi-kisi soal yang dibuat berdasarkan tiga domain literasi sains PISA untuk masing-masing bidang Fisika, Kimia dan Biologi.

Tabel 1. Kisi-kisi Instrumen Literasi Sains Bidang Fisika

Nomor Soal	Indikator Soal	Domain Literasi Sains			Level Kognitif
		Konteks	Kompetensi	Pengetahuan	
1	Menafsirkan hubungan suhu dan waktu berdasarkan data eksperimen	P	K3	C	M
2	Memprediksi suhu berdasarkan tren data linier	P	K3	C	M
3	Menganalisis hubungan kapasitas kalor jenis dan kenaikan suhu logam	P	K3	C	M
4	Mengidentifikasi variabel kontrol dalam eksperimen pemanasan logam	P	K2	P	M
5	Mengevaluasi efektivitas bahan insulasi berdasarkan data pendinginan	P	K3	C	M
6	Menerapkan konsep insulasi termal dalam kehidupan sehari-hari	P	K1	C	R
7	Menjelaskan perbedaan laju pencairan es berdasarkan sifat konduktor dan isolator	P	K1	C	M
8	Memprediksi waktu pencairan es berdasarkan sifat material wadah	P	K1	C	M
9	Menganalisis pola laju pendinginan permukaan gambut pasca-kebakaran berdasarkan data lapangan	P	K3	C	M

10	Menerapkan prinsip perpindahan kalor untuk menganalisis upaya menjaga ketersediaan air di ekosistem gambut	P	K1	C	M
11	Menafsirkan hubungan proporsional antara tekanan air dan kedalaman pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kalimantan	L	K3	C	M
12	Menghitung tekanan hidrostatik pada kedalaman tertentu di sungai DAS Kalimantan menggunakan pola data pengukuran	L	K3	C	M
13	Menjelaskan alasan teknis desain bendungan pengendalian banjir Sungai Kahayan berdasarkan prinsip tekanan hidrostatik	L	K1	C	M
14	Menyimpulkan faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan apung material kayu dari data eksperimen	P	K3	C	M
15	Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi gaya apung sampah plastik di perairan DAS berdasarkan data	P	K3	C	M
16	Memprediksi gaya apung perahu nelayan tradisional dalam fluida sungai dengan densitas berbeda	P	K1	C	M
17	Mengidentifikasi variabel terikat dalam eksperimen pengukuran tekanan air pada kedalaman berbeda	P	K2	P	R
18	Mengevaluasi pemilihan bahan perahu tradisional masyarakat DAS Kalimantan berdasarkan densitas dan gaya apung	L	K1	C	T
19	Menerapkan data banjir DAS Kalimantan untuk menentukan ketinggian aman rumah panggung masyarakat sungai	L	K1	C	M
20	Menjelaskan prinsip fisika yang mendasari potensi penggunaan drone pemantau kebakaran gambut berdasarkan densitas udara	L	K1	C	M

Tabel 2. Kisi-kisi Instrumen Literasi Sains Bidang Kimia

Nomor Soal	Indikator Soal	Domain Literasi Sains			Level Kognitif
		Konteks	Kompetensi	Pengetahuan	
1	Mengidentifikasi jenis ikatan berdasarkan titik leleh dan daya hantar listrik Mengevaluasi kesesuaian senyawa sebagai pengawet berdasarkan titik leleh Mengidentifikasi jenis ikatan berdasarkan titik leleh dan konduktivitas listrik	L	K1	C	M
2	Menginterpretasi proses transfer elektron dalam pembentukan ikatan ionik	P	K1	C	M
3	Mengevaluasi kesesuaian senyawa sebagai pengawet berdasarkan titik leleh Mengidentifikasi jenis ikatan berdasarkan titik leleh dan konduktivitas listrik	L	K3	C	T
4	Memilih material berdasarkan jenis ikatan dan fungsinya dalam aplikasi teknologi	L	K1	C	T
5	Menganalisis hubungan kekuatan ikatan dengan titik leleh material	L	K3	C	M
6	Menerapkan konsep insulasi termal dalam kehidupan sehari-hari	L	K1	C	M
7	Menerapkan prinsip "like dissolves like" untuk membersihkan komponen	L	K2	P	T
8	Menjelaskan fenomena kuat-lemahnya ikatan logam berat pada sedimen DAS Kalimantan	P	K1	C	M
9	Menentukan rumus kimia senyawa ionik yang terbentuk dari unsur penyusun abu pembakaran gambut	P	K1	C	R
10	Menentukan struktur Lewis senyawa SO <sub>2</sub> yang dihasilkan dalam reaksi pembakaran gambut	P	K1	C	M

11	Menafsirkan polaritas molekul asam organik gambut berdasarkan bentuk geometri molekulnya	P	K1	C	M
12	Menjelaskan perbedaan titik didih senyawa organik yang larut dalam air gambut berdasarkan jumlah ikatan hidrogen	P	K1	C	T
13	Menjelaskan mekanisme interaksi dipol-dipol pada molekul polutan organik dalam ekosistem DAS secara global	G	K1	C	T
14	Menafsirkan hubungan gaya antarmolekul (GAM) dan titik didih senyawa organik polutan DAS berdasarkan massa molekul	L	K3	C	T
15	Menentukan konfigurasi elektron valensi dan pasangan elektron bebas (PEB) dalam NH <sub>3</sub> sebagai senyawa penanda polusi	P	K1	C	M
16	Menentukan bentuk molekul dan polaritas BCl <sub>3</sub> dan NH <sub>3</sub> dalam konteks kimia polutan udara Kalimantan	L	K1	C	M
17	Menentukan rumus kimia kalsium klorida sebagai senyawa penting dalam pengolahan air DAS	L	K1	C	R
18	Menafsirkan jenis gaya antarmolekul dominan berdasarkan titik didih senyawa organik dalam asap kebakaran gambut	L	K3	C	M
19	Mengevaluasi validitas kesimpulan penelitian pemantauan kualitas air DAS Kalimantan berdasarkan variabel kontrol	P	K2	E	T
20	Memberikan saran perbaikan metodologis untuk memperkuat kesimpulan penelitian kualitas air DAS Kalimantan	P	K2	E	T

Tabel 3. Kisi-kisi Instrumen Literasi Sains Bidang Biologi

Nomor Soal	Indikator Soal	Domain Literasi Sains			Level Kognitif
		Konteks	Kompetensi	Pengetahuan	
1	Mengidentifikasi cabang biologi (ekologi) berdasarkan fenomena ekosistem gambut Kalimantan	L	K1	C	M
2	Menentukan langkah awal dalam merancang eksperimen pemantauan biodiversitas di DAS Kalimantan	P	K1	C	M
3	Mengevaluasi klaim artikel tentang dampak kebakaran gambut terhadap keanekaragaman hayati menggunakan pendekatan eksperimen terkontrol	L	K3	C	T
4	Mengidentifikasi cabang biologi (botani) yang mempelajari vegetasi endemik di lahan gambut Kalimantan	L	K1	C	T
5	Mengidentifikasi variabel bebas dalam eksperimen pertumbuhan tanaman endemik gambut pada berbagai kondisi kelembapan	L	K3	C	M
6	Menentukan langkah pembuktian ilmiah untuk mengukur tingkat pemulihan ekosistem DAS pasca-restorasi secara global	G	K2	P	M
7	Mengidentifikasi tingkatan organisasi kehidupan dimulai dari sel pada organisme mikroba pengurai gambut	P	K1	C	R
8	Mengidentifikasi aspek biologi (fisiologi tumbuhan) yang dipelajari dalam konteks adaptasi tanaman gambut	P	K1	C	R
9	Mengidentifikasi tingkatan organisasi sistem organ pada fauna endemik Kalimantan yang habitatnya terancam	P	K1	C	M
10	Menganalisis pernyataan tentang hierarki organisasi kehidupan dalam ekosistem gambut Kalimantan	P	K1	C	M

11	Merangkum dan menerapkan hasil penelitian biodiversitas gambut global untuk mendukung konservasi Kalimantan	G	K3	C	T
12	Mengurutkan tingkatan organisasi kehidupan dalam rantai makanan ekosistem gambut tropis dengan benar	P	K1	C	M
13	Menentukan tindakan berbasis sains berdasarkan hasil penelitian polusi udara akibat kebakaran gambut Kalimantan	L	K3	C	M
14	Menganalisis hubungan biologi dengan ilmu lain (interdisipliner) dalam penanganan krisis ekosistem DAS secara global	G	K1	E	M
15	Mengidentifikasi manfaat rekayasa genetika untuk pengembangan tanaman restorasi gambut Kalimantan yang tahan api	L	K3	C	M
16	Mengidentifikasi hipotesis dalam pernyataan ilmiah tentang efek deforestasi terhadap populasi satwa DAS	P	K2	E	R
17	Menyimpulkan hubungan sebab-akibat antara penurunan muka air gambut dan kematian vegetasi dari data penelitian	L	K3	E	M
18	Mengidentifikasi tingkatan organisasi kehidupan mikroorganisme pengurai gambut dalam pengamatan mikroskopis	P	K1	C	R
19	Menentukan kondisi eksperimen yang diperlukan untuk menghasilkan data valid dalam pemantauan pemulihan DAS	P	K2	P	M
20	Menentukan tindakan berdasarkan informasi ilmiah tentang dampak asap kebakaran gambut terhadap kesehatan masyarakat Kalimantan	L	K3	C	T

Validasi ahli dilakukan untuk menilai kelayakan isi, konstruksi, bahasa, dan konteks instrumen literasi sains yang dikembangkan. Instrumen divalidasi oleh tiga dosen: fisika, kimia, dan biologi.

Tabel 4. Hasil Uji Validitas Ahli Instrumen Tes Literasi Sains

Aspek Penilaian	Validator 1	Validator 2	Validator 3	Rata-rata
Kesesuaian Isi	3,80	3,65	3,70	3,72
Konstruksi Soal	3,70	3,75	3,65	3,70
Keakuratan Bahasa	3,68	3,60	3,70	3,66
Kesesuaian Konteks PISA	3,85	3,70	3,80	3,78
<b>Total Rata-rata Skor</b>				<b>3,72</b>

Berdasarkan hasil validasi ahli, skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,72 dikategorikan sebagai Sangat Baik. Instrumen dinyatakan layak digunakan pada tahap uji coba setelah dilakukan revisi minor berdasarkan masukan validator. Ketiga validator memberikan komentar positif mengenai kesesuaian konstruk dan konteks soal dengan kerangka PISA.

Tabel 5. Komentar Validator Terhadap Instrumen Literasi Sains

Validator	Komentar & Saran
Validator 1	Menyarankan penambahan grafik pada beberapa soal untuk memperkuat keterampilan interpretasi data. Beberapa satuan fisika perlu ditulis lebih konsisten.
Validator 2	Redaksi soal kimia perlu disederhanakan agar tidak menimbulkan multitafsir. Konteks kehidupan sehari-hari cukup relevan dengan fenomena kimia.
Validator 3	Menyarankan penambahan gambar organisme pada stimulus. Konteks ekologi sesuai dengan indikator literasi sains.

Hasil analisis uji empiris instrumen literasi sains kepada 241 siswa SMA di Palangka Raya dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Empiris Instrumen Literasi Sains

Instrumen Literasi Sains	Fisika	Kimia	Biologi
Topik	Kalor & Fluida Statis	Ikatan Kimia	Ruang Lingkup Biologi
Jumlah Siswa	99	72	70
Jumlah Soal Valid	18	19	15
Reliabilitas (Cronbach's Alpha)	0,784	0,841	0,735
Kategori	Tinggi	Sangat Tinggi	Tinggi

Berdasarkan hasil analisis data, sebanyak 52 dari 60 (87%) soal instrumen literasi sains yang telah dikembangkan berdasarkan *framework* PISA 2025 dinyatakan valid ( $r_{hitung} > r_{tabel}$ ) sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumen yang dihasilkan memiliki nilai reliabilitas sangat tinggi. Pada mata Pelajaran fisika diperoleh 18 soal valid, serta 19 soal valid untuk Kimia, dan 15 soal valid untuk Biologi.

Karakteristik utama instrumen ini terletak pada penetapan konteks utama dan isu sentral yang autentik, yaitu Lahan Gambut Tropis dan Daerah Aliran Sungai (DAS). Pemilihan konteks ini didasarkan pada prinsip PISA 2025 yang menekankan relevansi lokal dalam pengukuran literasi sains. Gambut dan DAS merupakan ekosistem yang kaya akan permasalahan sosiosains yang langsung dihadapi masyarakat Kalimantan Tengah, seperti dilema Kebakaran Lahan Gambut, Pencemaran Air DAS, dan Upaya Restorasi Gambut. Isu-isu ini tidak hanya melibatkan aspek sains murni, tetapi juga dimensi sosial, ekonomi, dan etis, sehingga mendorong siswa menerapkan kompetensi PISA dalam kerangka pengambilan keputusan sebagai warga negara yang reflektif. Dengan berfokus pada isu lokal ini, instrumen secara otomatis mengacu pada domain konteks PISA (khususnya Sumber Daya Lingkungan) dan secara eksplisit mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 13 (Aksi Iklim) dan SDG 15 (Ekosistem Daratan).

### 3.2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan instrumen literasi sains berbasis kerangka PISA 2025 sangat relevan dengan kebutuhan siswa maupun guru. Temuan dari tahap *define*, *design*, dan *develop* menunjukkan keselarasan antara kebutuhan empiris di lapangan dan arah pengembangan instrumen yang ditekankan dalam PISA 2025, yaitu memfokuskan penilaian pada konteks dunia nyata, kompetensi ilmiah, dan integrasi isu global. Kompetensi literasi sains PISA 2025 yang meliputi menjelaskan fenomena secara ilmiah (K1), mengevaluasi dan merancang investigasi ilmiah (K2), serta menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah (K3) terbukti relevan dengan kebutuhan pembelajaran sains di tingkat SMA. Kompetensi-kompetensi ini mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah, yang merupakan tuntutan utama pendidikan abad ke-21. Hal ini selaras dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyarankan bahwa penguatan literasi sains perlu diarahkan pada keterampilan penalaran dan penerapan konsep dalam konteks nyata, bukan sekadar hafalan konsep [11].

Dalam hal konteks, penggunaan konteks personal, lokal/nasional, global, dan ilmiah sesuai rekomendasi PISA 2025 memberi peluang bagi siswa untuk menghubungkan pembelajaran sains dengan kehidupan sehari-hari dan isu-isu terkini. Pendekatan kontekstual ini juga mendukung pembelajaran berbasis masalah dan proyek, yang banyak diterapkan dalam Kurikulum Merdeka. Hasil analisis kesesuaian menunjukkan bahwa kerangka PISA 2025 terkait erat dengan Kurikulum Merdeka, khususnya dalam penekanannya pada pembelajaran berbasis kompetensi, penguatan HOTS, dan pengembangan Profil Pelajar Pancasila. Capaian pembelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi di SMA secara eksplisit menuntut siswa untuk menganalisis fenomena, melakukan investigasi sederhana, dan menginterpretasikan data ilmiah. Oleh karena itu, pengembangan instrumen literasi sains berbasis PISA 2025 dianggap relevan dan kontekstual untuk mendukung implementasi Kurikulum Merdeka [12].

Tahap *design* pengembangan instrumen literasi sains bertujuan memastikan butir soal selaras dengan kerangka PISA 2025, yang mencakup tiga domain utama: kompetensi, konteks, dan pengetahuan [10]. Pada tahap ini, kisi-kisi soal dikembangkan untuk tiga mata pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi, dengan memperhatikan struktur domain literasi sains dan prinsip *constructive alignment* untuk memastikan setiap indikator soal benar-benar mengukur kompetensi yang dituju [13].

Kisi-kisi soal Fisika menunjukkan bahwa struktur butir soal selaras dengan kompetensi PISA, yaitu menjelaskan fenomena ilmiah, menilai dan merancang investigasi ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah [10]. Sebagian besar soal berada dalam konteks personal dan lokal, seperti perpindahan kalor, tekanan hidrostatik, dan gaya apung, yang merupakan fenomena sehari-hari [18]. Penggunaan konteks

ini penting karena PISA menekankan penilaian situasional berbasis masalah nyata sehingga literasi sains menjadi relevan bagi kehidupan siswa [14]. Level kognitif yang digunakan bervariasi dari *recall*, multistruktural, hingga relasional. Distribusi ini konsisten dengan rekomendasi pengembangan literasi sains yang menekankan interpretasi data, analisis hubungan variabel, dan pemecahan masalah berbasis bukti [15].

Kisi-kisi Kimia dirancang untuk mencakup aspek ikatan kimia, gaya antarmolekul, struktur Lewis, dan desain penelitian. Pengembangan indikator yang berfokus pada analisis data, interpretasi fenomena, dan evaluasi metodologis selaras dengan persyaratan penalaran berbasis bukti PISA 2025. Konteks yang digunakan mencakup lingkungan, teknologi, kesehatan, dan penelitian ilmiah. Penggunaan konteks aplikasi teknologi (nomor 4), pembersihan komponen berdasarkan kelarutan (nomor 6), dan evaluasi penelitian (nomor 19) menunjukkan bahwa penilaian tidak hanya mengukur konsep tetapi juga kemampuan menerapkan kimia dalam situasi nyata. Soal-soal evaluatif, seperti mengevaluasi kesimpulan penelitian (nomor 19) dan memberikan rekomendasi metodologis (nomor 20), menunjukkan bahwa instrumen ini mengukur tidak hanya pengetahuan faktual tetapi juga keterampilan berpikir ilmiah tingkat tinggi [10].

Kisi-kisi Biologi mencakup konsep-konsep fundamental seperti cabang-cabang biologi, organisasi kehidupan, bioteknologi, metode ilmiah, dan aplikasi penelitian. Struktur set soal ini selaras dengan kerangka PISA yang menuntut penilaian kemampuan merancang eksperimen, mengevaluasi informasi ilmiah, dan mengambil keputusan berbasis data [2]. Beberapa soal dikembangkan menggunakan konteks kesehatan, lingkungan, dan penelitian, yang merupakan fokus literasi sains abad ke-21. Penggunaan level kognitif K1–K3 dalam Biologi juga mencerminkan keterampilan analitis dari dasar hingga tingkat lanjut. Indikator seperti mengevaluasi klaim penelitian (nomor 3) atau menyimpulkan hubungan sebab-akibat dari data penelitian (nomor 17) merupakan kompetensi berpikir ilmiah yang sangat relevan dengan penilaian internasional berbasis PISA [17].

Secara keseluruhan, susunan kisi-kisi menunjukkan keselarasan yang kuat dengan definisi PISA 2025 tentang literasi sains yang menempatkan kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah untuk: (1) menjelaskan fenomena, (2) mengevaluasi dan merancang investigasi ilmiah, serta (3) menginterpretasikan data dan bukti ilmiah [10]. Keselarasan kisi-kisi di tiga domain (fisika, kimia, dan biologi) juga mendukung integrasi keterampilan ilmiah lintas disiplin, suatu pendekatan yang semakin diperlukan dalam pembelajaran sains abad ke-21 [18].

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa instrumen dikategorikan 'Sangat Baik' dengan skor rata-rata 3,72. Komentar validator bersifat konstruktif dan mendukung kualitas instrumen, seperti penambahan grafik, penyederhanaan bahasa, dan penggunaan stimulus visual. Hal ini mengindikasikan bahwa instrumen memenuhi aspek isi, konstruksi, bahasa, dan konteks yang relevan dengan PISA. Tingginya skor validasi ini sejalan dengan hasil penelitian serupa di Indonesia, misalnya pengembangan instrumen literasi sains berbasis PISA oleh Astuti et al. [4] yang juga mendapatkan skor validasi di atas 3,5 (kategori sangat baik) untuk instrumen berbasis konteks lokal. Demikian pula penelitian pengembangan instrumen literasi sains di daerah lain seperti Jawa dan Sumatera menunjukkan bahwa instrumen yang mengintegrasikan konteks nyata dan relevan secara kultural memperoleh penerimaan yang lebih tinggi dari validator dibandingkan instrumen yang menggunakan konteks generik [5],[8],[19].

Hasil uji empiris menunjukkan bahwa 87% butir soal (52 dari 60) dinyatakan valid. Proporsi validitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa sebagian besar butir soal mampu membedakan kemampuan siswa dengan baik. Butir soal yang tidak valid (8 soal atau 13%) umumnya memiliki tingkat kesukaran yang terlalu tinggi atau redaksi soal yang membingungkan, yang dieliminasi untuk menghasilkan instrumen final yang lebih presisi. Distribusi soal valid pada instrumen Fisika mencakup level kognitif tinggi (T: 1 soal), menengah (M: 15 soal), dan rendah (R: 2 soal), yang menunjukkan bahwa instrumen didominasi level menengah namun tetap mewakili ketiga level secara proporsional. Kondisi serupa ditemukan pada instrumen Kimia dan Biologi, yang mengindikasikan bahwa pengembangan instrumen berbasis konteks lokal yang autentik mendorong penyebaran butir soal yang lebih merata di seluruh level kognitif. Reliabilitas instrumen tergolong tinggi hingga sangat tinggi (Fisika: 0,784; Kimia: 0,814; Biologi: 0,735), lebih tinggi dibandingkan studi serupa di Malaysia yang melaporkan reliabilitas *Cronbach Alpha* rata-rata 0,72 untuk instrumen literasi sains SMA [18], dan sebanding dengan pengembangan instrumen berbasis SSI di Korea yang mencatat nilai Alpha 0,78–0,82 [17]. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang kuat dan layak digunakan dalam penilaian literasi sains.

Karakteristik paling unik dari instrumen ini adalah penggunaan konteks lokal Lahan Gambut Tropis dan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai konteks utama dengan pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI). Konteks ini sangat relevan dengan isu sosiosains yang dihadapi masyarakat Kalimantan Tengah, seperti

kebakaran gambut dan pencemaran air. Dari perspektif teoretis, integrasi konteks SSI lokal terbukti secara empiris dapat memicu kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) siswa. [17] mengemukakan bahwa SSI yang bersumber dari pengalaman langsung siswa mendorong proses kognitif yang lebih kompleks, seperti evaluasi multidimensi, pengambilan keputusan berbasis bukti, dan refleksi etis, dibandingkan soal dengan konteks generik yang hanya membutuhkan recall atau aplikasi rutin. Ketika siswa dihadapkan pada dilema nyata seperti kebakaran gambut yang melibatkan aspek kimia (reaksi pembakaran), aspek fisika (perpindahan kalor dan asap), aspek biologi (dampak terhadap biodiversitas), sekaligus dimensi sosial dan ekonomi, maka mereka terdorong untuk mengintegrasikan pengetahuan lintas disiplin, sebuah proses kognitif yang khas untuk HOTS level analisis, evaluasi, dan kreasi dalam taksonomi Bloom [15],[20]. Penggunaan konteks lokal ini selaras dengan prinsip PISA 2025 yang menekankan relevansi budaya dan lokal dalam penilaian serta mendukung pencapaian SDGs, khususnya SDG 13 (Aksi Iklim) dan SDG 15 (Ekosistem Daratan), sehingga instrumen tidak hanya mengukur literasi sains tetapi juga mengasah pemikiran kritis terhadap tantangan lingkungan dan keberlanjutan.

#### 4. KESIMPULAN

Instrumen literasi sains yang dikembangkan berbasis kerangka PISA untuk siswa SMA telah melalui tahap penelitian R&D model 4D sampai dengan tahap *develop* dan menghasilkan produk yang valid dan reliabel. Tahap *Define* menunjukkan bahwa guru dan siswa membutuhkan instrumen literasi sains yang kontekstual, menantang, dan selaras dengan kompetensi PISA, terutama dalam kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menginterpretasikan data, serta merancang dan mengevaluasi investigasi ilmiah. Pada tahap *design*, kisi-kisi, domain, konteks, dan indikator soal untuk fisika, kimia, dan biologi telah disusun dengan mengintegrasikan isu-isu nyata. Tahap *develop* menghasilkan instrumen yang dinyatakan layak berdasarkan validasi ahli dengan skor rata-rata 3,72 (kategori sangat baik), serta uji empiris yang menunjukkan sebagian besar soal valid dan memiliki reliabilitas tinggi ( $\alpha \geq 0,735$ ). Dengan demikian, instrumen ini dapat digunakan sebagai alat penilaian literasi sains sekaligus sarana untuk meningkatkan keterampilan berpikir ilmiah siswa SMA secara kontekstual dan bermakna.

#### REFERENCES

- [1] P. OECD, *Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing, 2018.
- [2] P. OECD, *What Students Know and Can Do*. Paris: OECD Publishing, 2019.
- [3] A. W. J. H. Fuadi, A. Z. Robbia, Jamaluddin, "Analisis faktor penyebab rendahnya kemampuan literasi sains peserta didik," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 5, no. 2, doi: <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.122>.
- [4] E. S. R. W. P. Astuti, A. P. B. Prasetyo, "Pengembangan instrumen asesmen autentik berbasis literasi sains pada materi sistem ekskresi," *Lembaran Ilmu Kependidikan*, vol. 41, no. 1, 2012, doi: <https://doi.org/10.15294/lik.v41i1.2228>.
- [5] Y. Yulianti, "Literasi sains dalam pembelajaran IPA," *J. Cakrawala Pendas*, vol. 3, no. 2, pp. 21–28, 2017, doi: <https://doi.org/10.31949/jcp.v3i2.592>.
- [6] Y. D. Fadly, S. Rahayu, I. W. Dasna, "The effectiveness of a SOIE strategy using socio-scientific issues on students' chemical literacy," *Int. J. Instr.*, vol. 15, no. 1, pp. 237–258, 2022, doi: <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15114a>.
- [7] N. G. L. dan J. S. Lederman, "Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again," *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 1, no. 6, 2019, doi: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0>.
- [8] F. Y. dan R. E. Fadilah, "No Title Analisis rendahnya literasi sains peserta didik Indonesia: Hasil PISA dan faktor penyebab," *LENSA (Lentera Sains) J. Pendidik. IPA*, vol. 13, no. 1, pp. 11–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i1.283>.
- [9] M. I. Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. University of Minnesota.: Leadership Training Institute/Special Education, 1974.

- [10] P. OECD, *Science Framework*. Paris: OECD Publishing, 2023.
- [11] R. W. Bybee, *Translating the NGSS for Classroom Instruction*. Arlington: VA: NSTA Press, 2013.
- [12] G. Mustika, M., Ni'mah, F., Rahmi, E, "Analysis And Design Of Scientific Literacy Assessment Instrument For Senior High School Students Based On Pisa 2025 Framework," *Proc. PRICE*, 2025.
- [13] & R. Widodo, A., *Science Literacy and Science Learning*. Bandung: UPI Press., 2021.
- [14] T. . Sadler, "Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI.," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 4, no. 2, pp. 999–1024., 2011.
- [15] Y. Yuliati, "Scientific literacy in 21st century learning," *J. Sci. Educ.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2020.
- [16] L. R. Aiken, "Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings," *Educ. Psychol. Meas.*, vol. 45, no. 1, pp. 131–142, 2020, doi: doi: 10.1177/0013164485451012.
- [17] T. D. Sadler, "Situating learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice," *Stud. Sci. Educ.*, vol. 45, no. 1, pp. 1–45, 2009.
- [18] E. Simatupang, H., Suyanti, RD, & Djulia, "Analysis of scientific literacy abilities in pre-service science teachers based on the PISA framework.," *Sciendo Proceedings.*, 2025.
- [19] G. R. dan A. Hamidah, "Pengembangan instrumen tes literasi sains berbasis PISA untuk mengukur kemampuan literasi sains siswa SMA," *J. Pendidik. Sains Indones.*.
- [20] R. R. Y. Sya'bandari, A. Permanasari, "Pengembangan instrumen penilaian Higher Order Thinking Skills (HOTS) berbasis literasi sains pada pembelajaran biologi SMA," *Biosf. J. Pendidik. Biol.*, vol. 14, no. 2, pp. 162–175, doi: doi: 10.21009/biosferjpb.18845.