



KONSEPTUALISASI LITERASI SAINS MENGACU PADA KERANGKA SAINS PISA SEJAK TAHUN 2000

Yusran Khery^{1*}, Muhammad Sarjan², Sukainil Ahzan³, & Ismail Efendi⁴

¹Program Studi Doktor Pendidikan IPA, Pascasarjana, Universitas Mataram, Jalan Pendidikan Nomor 37, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika, Jalan Pemuda Nomor 59A, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

²Pascasarjana, Universitas Mataram, Jalan Pendidikan Nomor 37, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika, Jalan Pemuda Nomor 59A, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

⁴Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika, Jalan Pemuda Nomor 59A, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

*Email: yusrankhery@undikma.ac.id

Submit: 08-10-2022; Revised: 14-10-2022; Accepted: 16-10-2022; Published: 30-10-2022

ABSTRAK: Selama 7 kali putaran PISA, siswa Indonesia konsisten berada pada peringkat rendah dalam penilaian literasi sains. Dalam dekade terakhir, banyak studi dilakukan oleh peneliti-peneliti Pendidikan IPA di Indonesia dalam upaya meningkatkan literasi sains siswa. Namun fakta ini kontradiktif dengan hasil penilaian literasi sains siswa Indonesia yang masih tetap rendah. Hal ini bisa disebabkan oleh tidak banyak pendidik IPA Indonesia yang memahami karakteristik literasi sains. Seperti apa karakteristik literasi sains dalam PISA menjadi hal yang penting untuk dipahami agar pengajar bisa menerapkan pembelajaran yang berorientasi pengembangan literasi sains di sekolah dan universitas. Artikel ini bertujuan mendeskripsikan karakteristik literasi sains mengacu pada kerangka sains PISA dalam kurun tahun 2000-2021. Artikel ini disusun melalui telaah pustaka. Literasi sains didefinisikan sebagai kemampuan individu untuk mencurahkan perhatian pada topik-topik yang terkait sains dan gagasan-gagasan sains sebagai wujud refleksi individu. Seseorang yang melek secara sains akan selalu mencurahkan perhatian pada perdebatan logis mengenai sains dan teknologi yang membutuhkan kompetensi: 1) menjelaskan fenomena secara ilmiah; 2) mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah; dan 3) menafsirkan data dan bukti secara ilmiah. Aspek pengetahuan sains terdiri dari pengetahuan konten, prosedural, dan epistemik. Aspek konteks literasi sains terdiri dari konteks kesehatan dan penyakit, sumber daya alam, kualitas lingkungan, bahaya dan cemaran, dan batasan sains dan teknologi. Aspek sikap sains PISA terdiri dari sikap kritis sains dalam pengambilan keputusan dan sikap kreatif yang ditandai dengan kemampuan mengajukan gagasan-gagasan saintifik. Dalam PISA 2021, asesmen literasi sains tidak hanya hadir sebagai domain inti, tetapi juga terintegrasi dengan literasi matematika, membaca, dan berpikir kreatif.

Kata Kunci: Literasi Sains, PISA.

ABSTRACT: During the 7 rounds of PISA, Indonesian students consistently ranked low in scientific literacy assessments. In the last decade, many studies have been carried out by science education researchers in Indonesia in an effort to improve students' scientific literacy. However, this fact is contradictory to the results of the scientific literacy assessment of Indonesian students which still remains low. This can be caused by not many Indonesian science educators who understand the characteristics of scientific literacy. What are the characteristics of scientific literacy in PISA is important to understand so that teachers can apply learning oriented towards the development of scientific literacy in schools and universities. This article aims to describe the characteristics of scientific literacy referring to the PISA science framework in the period 2000-2021. This article was



compiled through a literature review. Scientific literacy is defined as the ability of individuals to devote attention to science-related topics and science ideas as a form of individual reflection. A person who is scientifically literate will always devote attention to logical debates regarding science and technology that require competence: 1) explaining phenomena scientifically; 2) evaluate and design scientific investigations; and 3) interpret data and evidence scientifically. Scientific knowledge consist of content, procedural, and epistemic knowledge. The scientific literacy context consist of health and disease, natural resources, environmental quality, hazards and contamination, and the limitations of science and technology. The PISA science attitude aspect consists of a critical attitude of science in decision making and a creative attitude characterized by the ability to propose scientific ideas. In PISA 2021, scientific literacy assessment is not only present as a core domain, but also integrated with mathematical literacy, reading, and creative thinking.

Keywords: Scientific Literacy, PISA.

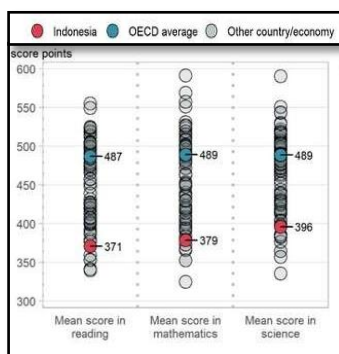
How to Cite: Khery, Y., Sarjan, M., Ahzan, S., & Efendi, I. (2022). Konseptualisasi Literasi Sains Mengacu pada Kerangka Sains Pisa Sejak Tahun 2000. *Educatoria : Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 2(4), 200-231. <https://doi.org/10.36312/ejiip.v2i4.117>



Educatoria : Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

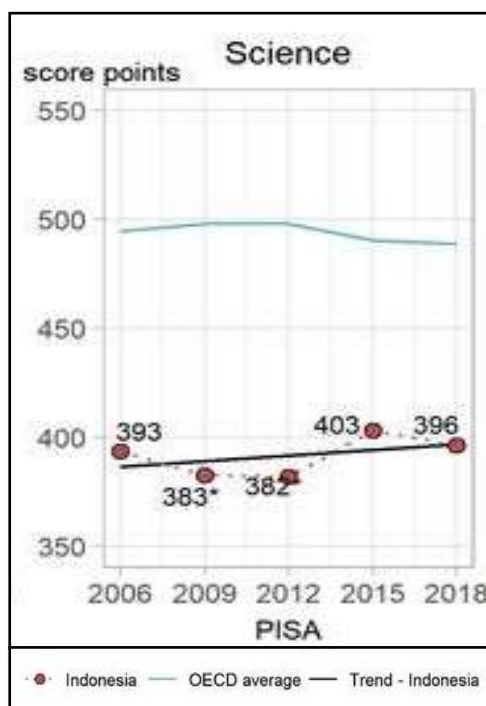
Programme for International Student Assessment (PISA) adalah survei tiga tahunan yang diselenggarakan oleh Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) terhadap siswa berusia 15 tahun yang menilai sejauh mana mereka telah memperoleh pengetahuan dan keterampilan utama yang penting untuk partisipasi penuh dalam masyarakat. Pada tahun 2018, penilaian ini berfokus pada kemahiran dalam membaca, matematika, sains, dan domain inovatif. Domain inovatif adalah kompetensi global. Sebanyak 85% anak usia 15 tahun di Indonesia mengikuti tes ini pada tes PISA terakhir. Hasil tes PISA 2018 menunjukkan bahwa literasi membaca, literasi matematika, dan literasi sains siswa Indonesia mencapai skor berturut-turut 371, 379, dan 396 dengan peringkat 74, 73, 71 dari sebanyak 79 negara peserta. Dengan skor rata-rata 382,0 Indonesia berada pada level rendah dan menempati posisi ke-71. Sejak tahun 2000, sebanyak 7 kali tes PISA diikuti oleh siswa-siswa Indonesia dan tetap berada pada kategori rendah (Avvisati *et al.*, 2019).



Gambar 1. Performa Membaca, Matematika, dan Sains Siswa Indonesia Hasil PISA 2018 (Avvisati *et al.*, 2019).

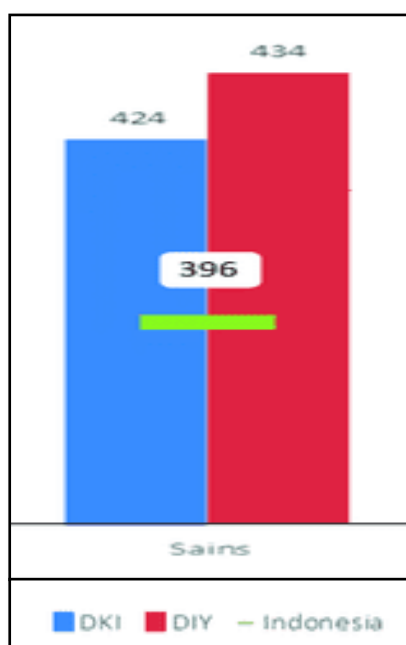
Siswa di Indonesia mendapat nilai lebih rendah dari rata-rata OECD dalam literasi membaca, matematika, dan sains. Sekitar 40% siswa di Indonesia mencapai Level 2 atau lebih tinggi dalam sains (rata-rata OECD: 78%). Sebagian kecil siswa dapat mengenali penjelasan yang benar untuk fenomena ilmiah yang sudah dikenal dan dapat menggunakan pengetahuan tersebut untuk mengidentifikasi, dalam kasus-kasus sederhana, apakah suatu kesimpulan valid berdasarkan data yang diberikan. Di Indonesia, persentase siswa yang mencapai level 5 atau 6 sangat rendah (rata-rata OECD: 7%). Para siswa ini dapat secara kreatif dan mandiri menerapkan pengetahuan tentang sains ke berbagai situasi, termasuk yang tidak dikenal.

Penilaian PISA 2015 menjadikan literasi sains sebagai domain utama dan menjadi domain tambahan dalam PISA 2018 (OECD, 2016, 2019). Pada PISA sebelumnya, literasi sains merupakan konstruksi utama penilaian sains. Pada PISA 2015/2018 konstruksi sebelumnya didefinisikan kembali dengan lebih luas, terutama bila dibandingkan dengan konstruksi penilaian sains PISA 2006 yang menjadi acuan penilaian pada 2006, 2009, dan 2012 (OECD, 2013, 2016, 2019). PISA 2018 di Indonesia dilaksanakan di 399 satuan pendidikan dengan melibatkan 12.098 peserta didik yang dipilih dengan metode sampling yang sah. Sampel tersebut merepresentasikan 3.768.508 siswa atau 85% penduduk usia 15 tahun. PISA 2018 juga menjadi titik awal bagi Indonesia untuk beralih dari penilaian PISA berbasis kertas (*Paper Base Assessment* (PBA)) menjadi berbasis komputer (*Computer Base Assessment* (CBA)). Hal ini sesuai dengan semangat mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran (Suprayitno, 2019).



Gambar 2. Tren Perolehan Skor Literasi Sains Siswa Indonesia di PISA (Avvisati et al., 2019).

Ada tren peningkatan kemampuan literasi sains siswa Indonesia sejak tahun 2006 hingga 2018. Meskipun peningkatan tersebut tidak signifikan, dan pada akhirnya tetap berada di bawah rata-rata skor literasi sains OECD. Namun, sejak tahun 2001 hingga 2018 ada peningkatan jumlah siswa berusia 15 tahun yang mengikuti tes ini yakni dari 46% ke 85%. Seiring dengan peningkatan jumlah siswa yang terlibat, jumlah siswa yang berada pada level kemampuan sains tinggi juga meningkat. Jika tidak ada perbaikan dalam sistem pendidikan Indonesia dalam kurun waktu tersebut, maka peningkatan jumlah siswa yang terlibat justru akan menyebabkan penurunan skor rata-rata literasi sains siswa Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia telah mampu meningkatkan kualitas sistem pendidikannya. Namun, pengembangan literasi sains siswa-siswa Indonesia masih perlu ditingkatkan lagi agar berada pada level yang lebih tinggi dalam penilaian PISA (Avvisati *et al.*, 2019).



Gambar 3. Nilai Sains PISA Siswa DKI dan DIY Dibandingkan dengan Indonesia (Suprayitno, 2019).

Pada PISA 2018 terdapat dua provinsi di Indonesia yang jadi fokus perhatian, yaitu Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Kedua wilayah ini merupakan representasi wilayah berkualitas pendidikan baik di Indonesia. DKI Jakarta adalah ibu kota Indonesia. Sementara DIY dikenal sebagai kota pendidikan dan memperoleh nilai rata-rata tingkat provinsi yang tertinggi pada ujian nasional 2018/2019. Skor PISA 2018 menunjukkan siswa DKI dan DIY memiliki kemampuan bidang membaca, matematika, dan sains lebih tinggi dibanding dengan rata-rata siswa Indonesia. Rata-rata perbedaannya adalah 30 poin dalam tes kompetensi sains. Dalam bidang ini, nilai rata-rata siswa DIY lebih tinggi 10 poin dibandingkan dengan DKI Jakarta, selisihnya tidak signifikan.

Literasi sains siswa di Indonesia (396) lebih rendah dari pada rata-rata dunia (488), dan menempatkan Indonesia berada pada peringkat 71 dari 79 negara peserta PISA 2018. Indonesia masih lebih tinggi dari pada Filipina, namun masih lebih rendah dari pada sebagian besar negara ASEAN dan sebagian negara Amerika Latin. Rata-rata skor sains PISA daerah DKI dan DIY setara dengan rata-rata ASEAN dan lebih tinggi dari pada Peru dan Brasil. Jika dibandingkan dengan rata-rata negara OECD, rata-rata nilai PISA di DKI dan DIY masih cukup tertinggal jauh. Di bidang Sains, nilai rata-rata negara OECD lebih tinggi 64 poin dibandingkan dengan DKI dan 54 poin dibandingkan dengan DIY (Avvisati *et al.*, 2019; Suprayitno, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar sekolah di sebagian besar daerah di Indonesia belum melaksanakan pembelajaran yang mengarah pada pengembangan literasi sains siswa.

Negara/ Kawasan	Kemampuan Sains
Filipina	357
Thailand	425
Indonesia	396
Peru	404
DKI (Indonesia)	424
DIY (Indonesia)	434
ASEAN (rerata) ¹	433
Brasil	404
OECD (rerata)	488

Gambar 4. Nilai Sains PISA Siswa Indonesia Dibandingkan Negara Lain yang Berada pada Kelompok 3 (< 450) (Suprayitno, 2019).

Pada bidang literasi sains, tingkat kompetensi 1a mengacu pada kemampuan siswa dalam menggunakan bahan umum dan pengetahuan prosedural untuk mengenali atau membedakan penjelasan tentang fenomena ilmiah sederhana. Bila didukung bantuan, mereka mampu mengawali penyelidikan ilmiah menggunakan maksimal dua variabel, misalnya variabel *input* dan variabel *output*. Mereka mampu membedakan hubungan sebab akibat sederhana, serta menafsirkan data grafik dan visual yang hanya membutuhkan kemampuan kognitif tingkat rendah. Siswa-siswa pada tingkat 1a mampu memilih penjelasan ilmiah terbaik mengenai data yang tersaji dalam konteks umum (OECD, 2017). Di negara-negara OECD, 15,7% siswa memiliki tingkat kompetensi 1a, dan hanya 5,5% siswa mendapatkan



nilai di bawahnya. Di Indonesia, 35% siswa masih berada di kelompok kompetensi tingkat 1a dan 17% di tingkat lebih rendah.

Rendahnya literasi sains siswa bisa dipengaruhi oleh variasi demografi dan kemampuan baca siswa Indonesia yang menurut hasil PISA 2018 juga berada pada kategori rendah. Menurut Shaffer *et al.* (2019), literasi membaca adalah literasi mendasar yang menjadi komponen penting dari pencapaian kemampuan literasi sains. Lingkungan dan pengalaman belajar, indeks prestasi, dan kemampuan matematika juga bisa mempengaruhi literasi sains.

Rendahnya literasi sains, literasi membaca, dan literasi matematika, siswa Indonesia selama 7 kali putaran PISA dapat disebabkan oleh adanya kekurangan dalam sistem pendidikan Indonesia dalam kurun tahun 2000 hingga tahun 2018. Hasil Asesmen Kompetensi Siswa Indonesia (AKSI) tahun 2016 mengungkapkan bahwa hampir separuh (47%) sampel siswa kelas empat berada di kelompok literasi terendah untuk tingkatan kelas yang sama. Sementara di 11 dari 24 provinsi, lebih dari 60% berada di kelompok terendah (Pusat Penelitian Kebijakan Pendidikan dan Kebudayaan, 2019). Menurut Pratiwi *et al.* (2020), siswa di kelas awal (1-3 Sekolah Dasar) masih mengalami krisis kemampuan literasi membaca. Hal ini bisa menjadi hambatan besar bagi upaya peningkatan SDM berkualitas Indonesia di masa yang akan datang. Bonus demografi Indonesia bisa menjadi bencana demografi yang membawa bangsa ini menuju keterpurukan sosial ekonomi. Merupakan langkah yang tepat, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah memulai kebijakan literasi membaca melalui Gerakan Literasi Sekolah (GLS) di tahun 2018 (Pusat Penelitian Kebijakan Pendidikan dan Kebudayaan, 2018). Gerakan ini mendorong guru untuk memastikan anak-anak diajarkan membaca secara sistematis, dan para guru mendorong budaya membaca melalui kegiatan literasi harian di kelas.

Hasil penelitian Rubini *et al.* (2016) menunjukkan bahwa 20% guru memiliki kemampuan literasi ilmiah pada kategori rendah, 65% pada kategori sedang, dan 15% pada kategori tinggi. Masalah pengajaran IPA berdasarkan perspektif guru adalah: 1) mengalami kesulitan untuk mengajar ilmu terpadu; 2) memiliki pengetahuan yang terbatas terkait model pembelajaran ilmu pengetahuan terpadu; dan 3) kurangnya motivasi dalam mengajarkan ilmu pengetahuan yang terintegrasi secara konsisten. Hasil penelitian ini menjadi dasar bahwa pelatihan profesi guru IPA SMP perlu dilakukan secara berkelanjutan dan terkait dengan kebutuhan kecakapannya.

Dalam pengembangan literasi sains melalui pengalaman pemecahan masalah dalam pembelajaran IPA, siswa masih mengalami kelemahan-kelemahan. Pada fase menyimpulkan dan merumuskan, siswa cenderung menyusun hipotesis yang salah, dan untuk membuat pernyataan masalah yang baik meskipun tidak mewakili data. Pada tahap perencanaan dan pelaksanaan, para siswa cenderung mengatur dan melaksanakan rencana yang salah. Pada tahap monitoring dan refleksi, siswa cenderung tidak memantau proses setiap langkah yang digunakan, dan mereka tidak memeriksa hasil akhir, dan tidak memperbaiki bagian yang salah. Siswa tidak berefleksi dengan menggunakan solusi yang berbeda, dan itu adalah masalah paling besar yang dimiliki siswa. Siswa hanya bisa berhasil dengan baik pada fase awal, yakni memahami fase permasalahan (Kurniati *et al.*, 2017).



Namun tidak sedikit studi yang mendeskripsikan keberhasilan penerapan berbagai inovasi model pembelajaran IPA di Indonesia yang mampu meningkatkan literasi sains siswa (Khery *et al.*, 2020; Mukti *et al.*, 2019; Wartono *et al.*, 2018; Widowati *et al.*, 2018; Yuliati *et al.*, 2018). Fakta ini kontradiktif dengan hasil bahwa literasi sains siswa Indonesia masih tetap berada di level terendah. Bisa jadi tidak banyak pendidik yang memahami karakteristik literasi sains, sehingga gagal membelajarkan literasi sains kepada siswa. Seperti apa karakteristik literasi sains dalam PISA menjadi hal yang penting untuk dipahami agar bisa memberi rekomendasi kepada pengajar tentang bagaimana menerapkan pembelajaran yang berorientasi pengembangan literasi sains di sekolah dan universitas. Artikel ini bertujuan mendeskripsikan karakteristik literasi sains mengacu pada kerangka sains PISA sejak tahun 2000. Artikel ini bisa menjadi rujukan bagi pembaca dari kalangan peneliti dan pengembang pendidikan serta pengajar IPA untuk kemudian bisa membelajarkan literasi sains dengan tepat.

METODE

Artikel ini disusun berdasarkan studi yang dilakukan melalui telaah pustaka (*library research*). Studi jenis ini memanfaatkan sumber-sumber pustaka primer, sekunder, dan tersier yang bisa diperoleh dari perpustakaan, baik publikasi dalam bentuk kertas atau *file* komputer yang diperoleh dari perpustakaan konvensional, perpustakaan *online*, maupun *link-link* pengindeks terbitan dari penerbit-penerbit terpercaya. Analisis data dilakukan secara telaah deskriptif dan naratif yaitu dengan menggambarkan segala hal yang berkaitan dengan objek studi. Tahapan analisis pustaka dilakukan dengan teknik analisis kualitatif, yakni pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, analisis kritis, dan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ontologi Literasi Sains

Literasi sains dikembangkan melalui pembelajaran IPA yang luas dan terapannya. Dengan demikian, konsep literasi sains mengacu pada pengetahuan tentang sains dan teknologi berbasis sains. Namun, sains dan teknologi memiliki perbedaan dalam tujuan, proses, dan produk mereka. Teknologi mencari solusi optimal untuk masalah manusia dan mungkin ada lebih dari satu solusi optimal. Sebaliknya, sains mencari jawaban atas pertanyaan spesifik tentang alam.

Literasi sains juga tidak hanya membutuhkan pengetahuan tentang konsep dan teori sains tetapi juga pengetahuan tentang prosedur dan praktik umum yang terkait dengan penyelidikan ilmiah dan bagaimana hal ini memungkinkan sains untuk maju. Oleh karena itu, individu yang melek sains memahami konsepsi dan ide utama yang membentuk fondasi pemikiran ilmiah dan teknologi, bagaimana pengetahuan tersebut telah diturunkan, dan sejauh mana pengetahuan tersebut dibenarkan oleh bukti atau penjelasan teoretis. Untuk semua alasan ini, literasi sains dianggap sebagai kompetensi utama (Sutrisna, 2021). Literasi sains didefinisikan sebagai kemampuan untuk menggunakan pengetahuan dan informasi sains serta pemahaman tentang bagaimana pengetahuan tentang sains mengubah cara

seseorang dapat berinteraksi dengan dunia dan bagaimana hal itu dapat digunakan untuk mencapai tujuan/kebaikan yang lebih luas (Dewi *et al.*, 2019).

Pemahaman tentang sains sangat penting sehingga harus menjadi bagian pendidikan setiap generasi muda. Memang, di banyak negara, sains adalah elemen wajib dari kurikulum sekolah dari taman kanak-kanak hingga penyelesaian pendidikan wajib. Diperlukan tiga kompetensi khusus sains untuk memahami dan terlibat dalam diskusi kritis tentang isu-isu yang melibatkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pertama yakni kemampuan untuk memberikan penjelasan tentang fenomena alam, teknis dan teknologi dan implikasinya bagi masyarakat. Kedua yakni kompetensi untuk menggunakan pengetahuan dan pemahaman seseorang tentang penyelidikan ilmiah untuk mengidentifikasi pertanyaan yang dapat dijawab dengan pertanyaan ilmiah, mengusulkan cara-cara dimana pertanyaan-pertanyaan seperti itu mungkin dapat dijawab, dan mengidentifikasi apakah prosedur yang tepat telah digunakan. Yang ketiga adalah kompetensi untuk menafsirkan dan mengevaluasi data dan bukti secara ilmiah dan mengevaluasi apakah kesimpulan tersebut terjamin kebenarannya (Hidayat, 2014).

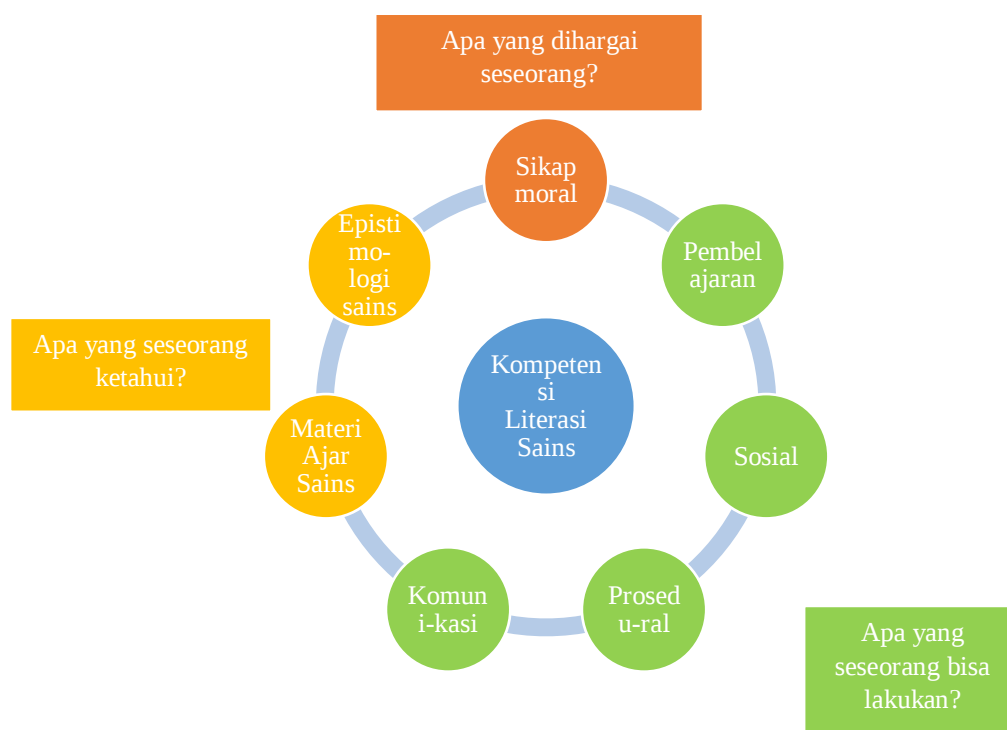
Sebelum PISA diselenggarakan pertama kali, ide tentang literasi sains sebagai tujuan pembelajaran telah hadir sejak 1966. Mulai periode itu, literasi sains muncul dengan karakteristik yang khas dan terus berkembang.

Tabel 1. Perkembangan Pemahaman tentang Literasi Sains sebagai Tujuan Pembelajaran Sains.

Tahun 1960-an	Tahun 1970-an	Tahun 1980-an
1. Mengapresiasi perkembangan sosiohistoris ilmu pengetahuan.	1. Sifat sains (<i>nature of science</i>).	1. Proses ilmiah dan teknologi dan keterampilan inkuiri.
2. Sadar akan etos ilmu pengetahuan modern.	2. Konsep-konsep sains.	2. Pengetahuan ilmiah dan teknologi.
3. Memahami dan menghargai hubungan sosial dan budaya sains.	3. Proses-proses sains.	3. Keterampilan dan pengetahuan sains-teknologi dalam pengambilan keputusan pribadi dan sosial.
4. Mengakui tanggung jawab sosial sains.	4. Nilai-nilai sains.	4. Sikap, nilai, dan apresiasi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi.
	5. Sains dan masyarakat.	5. Interaksi antara masyarakat teknologi sains melalui konteks masalah sosial terkait sains.
	6. Minat dalam sains.	
	7. Keterampilan yang terkait dengan sains.	

Literasi sains memuat tiga pertanyaan dasar yang terdiri dari tujuh kompetensi literasi sains yakni: pertama, apa yang seseorang ketahui, menuntut adanya kompetensi epistemologi sains dan materi ajar sains. Kedua, apa yang seseorang bisa lakukan, menuntut adanya kompetensi pembelajaran, sosial, prosedural, dan komunikasi. Sedangkan yang ketiga, apa yang dihargai seseorang terkait nilai-nilai dan kearifan yang ada di lingkungannya. Pada pola ini dapat dipahami bahwa literasi sains yakni memiliki tujuan umum yang berorientasi pada kehendak masyarakat, untuk belajar bagaimana menangani masalah sosial dan untuk membuat keputusan yang didasarkan cara investigasi dan berpikir yang benar (Yuliati, 2017).

Pengetahuan ilmiah terdiri dari tiga elemen yang dapat dibedakan tetapi terkait. Yang pertama dan yang paling akrab adalah pengetahuan tentang fakta, konsep, ide, dan teori tentang dunia alam yang telah didirikan oleh sains, seperti bagaimana tanaman mensintesis molekul kompleks menggunakan cahaya dan karbon dioksida atau sifat materi partikulat. Pengetahuan semacam ini disebut sebagai "pengetahuan konten" atau "pengetahuan tentang isi sains". Pengetahuan tentang prosedur yang digunakan para ilmuwan untuk membangun pengetahuan ilmiah disebut sebagai "pengetahuan prosedural". Ini adalah pengetahuan tentang praktik dan konsep yang menjadi dasar penyelidikan empiris, seperti mengulangi pengukuran untuk meminimalkan kesalahan dan mengurangi ketidakpastian, kontrol variabel, dan prosedur standar untuk mewakili dan mengkomunikasikan data (Suaedi, 2016).



Gambar 5. Kerangka Kompetensi Literasi Sains.

Pengetahuan prosedural dan epistemik diperlukan untuk mengidentifikasi pertanyaan ilmiah, untuk menilai apakah prosedur yang tepat telah digunakan untuk memastikan bahwa hipotesis bisa dibenarkan, dan untuk membedakan masalah ilmiah dari masalah nilai atau pertimbangan ekonomi. Pengetahuan prosedural dan hakikat sains juga penting untuk memutuskan apakah berbagai hasil studi menggunakan prosedur yang tepat dan terjamin. Lebih dari itu, siswa perlu memperoleh pengetahuan, yang bukan melalui penyelidikan ilmiah, tetapi melalui penggunaan sumber daya seperti perpustakaan dan Internet, dan perlu mengevaluasi pengetahuan tersebut (Subaidah *et al.*, 2019).

Memahami sains sebagai praktik membutuhkan seperangkat "pembuktian konsep" dan "pengetahuan epistemik", yang mengacu pada pemahaman tentang



peran konstruksi tertentu dan mendefinisikan fitur-fitur penting untuk proses membangun pengetahuan ilmiah. Pengetahuan epistemik mencakup pemahaman tentang fungsi yang dimainkan oleh pertanyaan, pengamatan, teori, hipotesis, model, dan argumen dalam sains, pengakuan atas berbagai bentuk penyelidikan ilmiah, dan memahami peran yang dimainkan *peer review* dalam membangun pengetahuan yang dapat dipercaya. Literasi sains membutuhkan ketiga pengetahuan ilmiah tersebut. Oleh karena itu, PISA 2015 berfokus pada sejauh mana anak berusia 15 tahun mampu menampilkan ketiga bentuk pengetahuan ini secara tepat dalam berbagai konteks pribadi, lokal, nasional, dan global. Perspektif ini lebih luas dari pada banyak program sains sekolah, dimana pengetahuan konten sering mendominasi (OECD, 2019).

Dalam PISA 2012, literasi sains dimaknai dengan pengetahuan individu yang ilmiah dan penggunaan pengetahuan itu untuk mengidentifikasi pertanyaan, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah, dan menarik kesimpulan berbasis bukti tentang masalah-masalah yang berhubungan dengan sains. Memahami ciri-ciri khas ilmu pengetahuan sebagai bentuk pengetahuan dan penyelidikan manusia. Kesadaran tentang bagaimana sains dan teknologi membentuk lingkungan material, intelektual, dan budaya kita. Kesiapan untuk terlibat dalam masalah-masalah yang berhubungan dengan sains, dan dengan ide-ide sains, sebagai warga negara yang reflektif (OECD, 2013).

Literasi sains dalam PISA 2018 didefinisikan sebagai kemampuan individu untuk mencurahkan perhatian pada topik-topik yang terkait sains dan gagasan-gagasan sains sebagai wujud refleksi individu. Seseorang yang melek secara sains akan selalu mencurahkan perhatian pada perdebatan logis mengenai sains dan teknologi yang membutuhkan kompetensi untuk menjelaskan sebuah fenomena secara ilmiah, mengevaluasi, dan merancang inkuiri dan penyelidikan ilmiah, serta menafsirkan data dan bukti secara ilmiah pula (OECD, 2019; Suprayitno, 2019).

Literasi sains diungkap oleh tiga kompetensi yaitu: 1) menjelaskan fenomena secara ilmiah; 2) mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah; dan 3) menafsirkan data dan bukti secara ilmiah. Semua kompetensi ini membutuhkan pengetahuan. Siswa yang memiliki literasi sains yang baik akan bisa menunjukkan kemampuan untuk tertarik pada topik-topik sains dan ide-ide sains sehingga dapat menjelaskan suatu fenomena secara ilmiah dengan mengevaluasi dan mendesain metode ilmiah, serta menginterpretasi data dan bukti secara ilmiah. Menjelaskan fenomena ilmiah dan teknologi, misalnya, menuntut pengetahuan tentang isi sains atau pengetahuan konten. Kompetensi kedua dan ketiga, membutuhkan lebih dari sekedar pengetahuan konten yakni pemahaman tentang bagaimana pengetahuan ilmiah didirikan dan tingkat kepercayaan pada landasan dasar pengetahuan tersebut. Mengenali dan mengidentifikasi ciri penyelidikan ilmiah membutuhkan pengetahuan tentang prosedur standar yang mendasari beragam metode dan praktik yang digunakan untuk membangun pengetahuan ilmiah diistilahkan sebagai pengetahuan prosedural. Ketiga, kompetensi yang membutuhkan pengetahuan epistemik, yakni pemahaman tentang alasan melakukan penyelidikan ilmiah, tingkat kepercayaan simpulan, dan makna istilah dasar seperti teori, hipotesis, dan data (OECD, 2019).



Epistimologi Literasi Sains

PISA 2015/2018 mendefinisikan literasi sains sebagai kemampuan untuk terlibat dengan isu-isu yang berhubungan dengan sains, dan dengan ide-ide sains, sebagai warga negara dan dunia yang reflektif. Oleh karena itu, orang yang melek sains bersedia untuk terlibat dalam wacana yang beralasan tentang sains dan teknologi yang membutuhkan kompetensi (OECD, 2016, 2019):

Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah

Mengenal, menawarkan, dan mengevaluasi penjelasan untuk berbagai fenomena alam dan teknologi.

Mengevaluasi dan Merancang Penyelidikan Ilmiah

Mendeskripsikan dan menilai penyelidikan ilmiah dan mengusulkan cara-cara menjawab pertanyaan secara ilmiah.

Menafsirkan Data dan Bukti Secara Ilmiah

Menganalisis dan mengevaluasi data, klaim, dan argumen dalam berbagai representasi dan menarik kesimpulan ilmiah yang sesuai.

PISA lebih memilih menggunakan istilah "literasi sains" dari pada "sains" saja karena penilaian sains PISA menitik beratkan pada penerapan pengetahuan ilmiah dalam konteks situasi dunia nyata. Dunia nyata bermakna fenomena yang terjadi atau terkait dengan objek apapun baik pada benda hidup atau material. Kompetensi ini diuji menggunakan konten, pengetahuan prosedural, dan epistemik sains.

Kompetensi yang Dibutuhkan untuk Literasi Sains

Kompetensi 1: Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah

Ilmu pengetahuan telah berhasil mengembangkan seperangkat teori sains yang telah mengubah pemahaman kita tentang alam. Selain itu, pengetahuan tersebut telah memungkinkan pengembangan teknologi yang mendukung kehidupan manusia, seperti perawatan untuk berbagai penyakit dan komunikasi yang cepat di seluruh dunia. Kompetensi untuk menjelaskan fenomena ilmiah dan teknologi dengan demikian tergantung pada pengetahuan tentang ide-ide penjelasan utama sains ini. Namun, menjelaskan beberapa fenomena ilmiah membutuhkan lebih dari sekedar kemampuan untuk mengingat dan menggunakan teori, ide penjelasan, informasi, dan fakta (*content knowledge*). Menawarkan penjelasan ilmiah juga membutuhkan pemahaman tentang bagaimana pengetahuan tersebut telah diturunkan dan tingkat kepercayaan yang dapat dimiliki seseorang tentang bukti ilmiah apapun. Oleh karena itu, individu juga membutuhkan pengetahuan tentang bentuk dan prosedur standar yang digunakan dalam penyelidikan ilmiah untuk memperoleh pengetahuan tersebut (pengetahuan prosedural) dan pemahaman tentang peran dan fungsi mereka sendiri dalam membenarkan pengetahuan yang dihasilkan oleh sains (pengetahuan epistemik).

Kompetensi 2: Mengevaluasi dan Merancang Pertanyaan Ilmiah

Literasi sains mengharuskan siswa untuk memiliki pemahaman tentang tujuan penyelidikan ilmiah, yaitu untuk menghasilkan pengetahuan tentang alam yang dapat diandalkan. Data yang diperoleh dengan observasi dan eksperimen, baik di laboratorium atau di lapangan, mengarah pada pengembangan model dan hipotesis yang memungkinkan prediksi yang kemudian dapat diuji secara



eksperimental. Klaim dan hipotesis selalu bersifat sementara dan mungkin tidak mampu bertahan ketika ditinjau secara kritis.

Para ilmuwan berkomitmen untuk menerbitkan atau melaporkan temuan mereka dan metode yang digunakan dalam memperoleh bukti yang mendukung temuan ini. Pengukuran, bagaimanapun, semuanya mengandung tingkat kesalahan. Sebagian besar karya ilmuwan eksperimental dikhususkan untuk penyelesaian ketidakpastian dengan mengulangi pengukuran, mengumpulkan sampel yang lebih besar, membangun instrumen yang lebih akurat, dan menggunakan teknik statistik yang menilai tingkat kepercayaan pada data. Kompetensi ini mengacu pada pengetahuan konten, pengetahuan tentang prosedur umum yang digunakan dalam sains (pengetahuan prosedural) dan fungsi prosedur ini dalam membenarkan setiap klaim yang diajukan oleh sains (pengetahuan epistemik). Pengetahuan prosedural dan epistemik melayani dua fungsi. Pertama, pengetahuan tersebut diperlukan oleh individu untuk menilai penyelidikan ilmiah, sehingga memutuskan apakah prosedur yang tepat telah diikuti dan apakah kesimpulan tersebut terjamin keabsahannya menurut metodologi sains. Kedua, pengetahuan semacam itu memungkinkan individu untuk mengusulkan, setidaknya secara luas, bagaimana pertanyaan ilmiah dapat diselidiki dengan tepat (OECD, 2019).

Kompetensi 3: Menafsirkan Data dan Bukti Secara Ilmiah

Menafsirkan data adalah kegiatan inti bagi semua ilmuwan. Ini biasanya dimulai dengan mencari pola, mungkin melalui membangun tabel sederhana atau visualisasi grafis (Pimm & Treagust, 2013). Setiap hubungan atau pola dalam data kemudian harus dibaca menggunakan pengetahuan tentang pola standar. Individu yang melek sains juga dapat diharapkan untuk memahami bahwa ketidakpastian selalu melekat pada semua pengukuran, dan bahwa satu kriteria untuk mengekspresikan kepercayaan kita pada suatu temuan adalah probabilitas bahwa itu mungkin terjadi secara kebetulan. Semua ini mengacu pada tubuh pengetahuan prosedural. Namun, tidak cukup untuk memahami prosedur yang telah diterapkan untuk mendapatkan kumpulan data. Individu yang melek sains harus dapat menilai apakah prosedur ini sesuai dan apakah klaim berikutnya dibenarkan (pengetahuan epistemik). Misalnya, banyak set data dapat ditafsirkan dengan berbagai cara, dan para ilmuwan harus berdebat untuk mendukung interpretasi mereka sendiri sambil mempertahankannya dari kritik orang lain. Resolusi interpretasi mana yang terbaik membutuhkan pengetahuan tentang sains (pengetahuan konten). Watak kritis dan skeptis terhadap semua bukti empiris memang menjadi ciri khas ilmuwan profesional.

Pengaturan Domain Literasi Sains dalam PISA

Untuk keperluan penilaian, definisi PISA 2018 tentang literasi sains dapat dicirikan sebagai tiga aspek yang saling terkait sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Aspek Kerangka Penilaian Literasi Sains untuk PISA 2015/2018.

Konteks	Masalah pribadi, lokal/nasional dan global, baik saat ini maupun historis, yang menuntut pemahaman tentang ilmu pengetahuan dan teknologi.
Pengetahuan	Pemahaman tentang fakta-fakta utama, konsep dan teori penjelasan yang membentuk dasar pengetahuan ilmiah. Pengetahuan tersebut mencakup pengetahuan tentang dunia alami dan artefak teknologi (pengetahuan

Kompetensi	konten), pengetahuan tentang bagaimana ide-ide tersebut dihasilkan (pengetahuan prosedural), dan pemahaman tentang alasan yang mendasari prosedur ini dan pembenaran untuk penggunaannya (pengetahuan epistemik). Kemampuan untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, dan menafsirkan data dan bukti secara ilmiah.
------------	--



Gambar 6. Keterkaitan Tiga Aspek Penilaian PISA 2018 (OECD, 2019).

Konteks untuk Item Penilaian

PISA 2018 menilai pengetahuan ilmiah menggunakan konteks yang mengangkat isu-isu terkait yang seringkali relevan dengan kurikulum pendidikan sains negara-negara peserta. Namun, item penilaian tidak terbatas pada konteks sains sekolah. Item dalam penilaian sains PISA 2018 dapat berhubungan dengan kelompok diri, keluarga, dan teman sebaya (pribadi), dengan komunitas (lokal dan nasional) atau dengan kehidupan di seluruh dunia (global). Konteksnya mungkin melibatkan teknologi atau dalam beberapa kasus, elemen historis yang dapat digunakan untuk menilai pemahaman siswa tentang proses dan praktik yang terlibat dalam memajukan pengetahuan ilmiah (OECD, 2019).

Konteks untuk item-item dalam penilaian sains PISA juga telah dikategorikan ke dalam lima aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi, kesehatan dan penyakit, sumber daya alam, kualitas lingkungan, bahaya, dan batas-batas ilmu pengetahuan dan teknologi. Penilaian sains PISA, bagaimanapun bukanlah penilaian konteks. Sebaliknya, ia menilai kompetensi dan pengetahuan dalam konteks tertentu. Konteks-konteks ini telah dipilih mengingat relevansinya dengan minat dan kehidupan siswa dan karena mereka adalah bidang dimana literasi sains memiliki nilai khusus dalam meningkatkan dan mempertahankan kualitas hidup dan dalam pengembangan kebijakan publik (Avvisati *et al.*, 2019).

Tabel di bawah ini menunjukkan bagaimana kelima aplikasi ini berinteraksi dengan pribadi, lokal/ nasional, dan konteks global yang dijelaskan di atas (OECD, 2019).

Tabel 3. Konteks untuk Penilaian Literasi Sains PISA 2018.

	Personal	Lokal/Nasional	Global
Kesehatan dan penyakit.	Pemeliharaan kesehatan, kecelakaan, nutrisi.	Pengendalian penyakit, pilihan makanan, komunitas kesehatan.	Epidemi, penyebaran infeksi penyakit.



	Personal	Lokal/Nasional	Global
Sumber daya alam.	Konsumsi pribadi bahan dan energi.	Pemeliharaan populasi manusia, kualitas kehidupan, keamanan, produksi dan distribusi makanan, pasokan energi.	Sistem alami terbarukan dan tidak terbarukan, pertumbuhan populasi, Pemanfaatan berkelanjutan.
Lingkungan Kualitas.	Tindakan ramah lingkungan, penggunaan dan pembuangan bahan dan perangkat.	Distribusi penduduk, pembuangan limbah, dampak lingkungan.	Keanekaragaman hayati, ekologis berkelanjutan, pengendalian pencemaran, produksi dan hilangnya tanah/biomassa.
Bahaya dan Cemar.	Penilaian resiko pilihan gaya hidup.	Perubahan cepat (misalnya, gempa bumi, parah, cuaca), perubahan lambat dan progresif (misalnya, erosi pantai, sedimentasi), risiko penilaian.	Perubahan iklim, dampak komunikasi modern.
Batasan sains dan teknologi.	Aspek ilmiah hobi, teknologi pribadi, musik dan kegiatan olahraga.	Bahan, perangkat, dan proses baru, modifikasi genetik, teknologi kesehatan, transportasi.	Kepunahan spesies, eksplorasi ruang angkasa, asal dan struktur alam semesta.

Kompetensi Ilmiah

Tabel 4 memberikan deskripsi terperinci tentang tugas-tugas yang membentuk masing-masing dari tiga kompetensi yang terdiri dari literasi sains. Kumpulan kompetensi ilmiah ini mencerminkan pandangan bahwa sains paling baik dilihat sebagai ansambel sosial dan epistemik praktik yang umum di semua subbidangnya (Sutrisna, 2021). Oleh karena itu, semua kompetensi ini dibingkai sebagai tindakan, menyampaikan apa yang secara ilmiah orang yang melek huruf memahami dan mampu melakukan.

Tabel 4. Kompetensi Ilmiah PISA 2018: Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah.

Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah
Mengenali, menawarkan, dan mengevaluasi penjelasan untuk berbagai fenomena alam dan teknologi melalui:
▪ Mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai; ▪ Mengidentifikasi, menggunakan, dan menghasilkan model dan representasi penjelasan; ▪ Membuat dan membenarkan prediksi yang tepat; ▪ Menawarkan hipotesis penjelasan; ▪ Menjelaskan implikasi potensial dari pengetahuan ilmiah bagi masyarakat.

Kompetensi menjelaskan fenomena secara ilmiah menuntut siswa untuk mengingat pengetahuan konten yang sesuai dalam situasi tertentu dan menggunakannya untuk menafsirkan dan memberikan penjelasan untuk fenomena yang menarik. Pengetahuan semacam itu juga dapat digunakan untuk menghasilkan hipotesis penjelasan tentatif untuk fenomena yang diamati atau ketika disajikan dengan data. Orang yang melek sains diharapkan mampu memanfaatkan model ilmiah standar untuk membangun representasi sederhana untuk fenomena sehari-hari dan kemudian gunakan representasi ini untuk membuat prediksi (Brockbank & Walker, 2022). Kompetensi ini mencakup kemampuan untuk mendeskripsikan atau



menafsirkan fenomena dan memprediksi kemungkinan perubahan. Selain itu, mungkin melibatkan mengenali atau mengidentifikasi deskripsi, penjelasan, dan prediksi yang sesuai.

Tabel 5. PISA 2018 Kompetensi Sains: Mengevaluasi dan Merancang Inkuiri Sains.

Mengevaluasi dan Merancang Penyelidikan Ilmiah

Mendeskripsikan dan menilai penyelidikan ilmiah dan mengusulkan cara-cara menjawab pertanyaan secara ilmiah melalui:

- Mengidentifikasi pertanyaan yang dieksplorasi dalam studi ilmiah tertentu;
- Membedakan pertanyaan yang mungkin untuk diselidiki secara ilmiah;
- Mengusulkan cara untuk mengeksplorasi pertanyaan tertentu secara ilmiah;
- Mengevaluasi cara-cara mengeksplorasi pertanyaan tertentu secara ilmiah;
- Mendeskripsikan dan mengevaluasi berbagai cara yang digunakan para ilmuwan untuk memastikan keandalan data dan objektivitas dan generalisabilitas penjelasan.

Kompetensi mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah diperlukan untuk mengevaluasi laporan temuan dan investigasi ilmiah secara kritis. Itu bergantung pada kemampuan untuk membedakan pertanyaan ilmiah dari bentuk penyelidikan lain, atau dengan kata lain, untuk mengenali pertanyaan yang dapat diselidiki secara ilmiah. Kompetensi ini membutuhkan pengetahuan tentang fitur-fitur utama dari penyelidikan ilmiah, seperti hal-hal apa yang seharusnya diukur, variabel apa yang harus diubah atau dikendalikan, dan tindakan apa yang harus diambil sehingga data yang akurat dan tepat dapat dikumpulkan. Ini membutuhkan kemampuan untuk mengevaluasi kualitas data, yang pada gilirannya bergantung pada pengakuan bahwa data tidak selalu sepenuhnya akurat. Ini juga membutuhkan kompetensi untuk mengidentifikasi apakah penyelidikan didorong oleh premis teoritis yang mendasarinya atau, sebagai alternatif, apakah ia berusaha untuk menentukan pola yang dapat diidentifikasi.

Orang yang melek sains juga harus dapat mengenali pentingnya sebelumnya penelitian dalam menilai nilai dari setiap penyelidikan ilmiah yang diberikan. Selain itu, siswa perlu memahami pentingnya mengembangkan disposisi skeptis terhadap semua laporan media di sains, mengakui bahwa semua penelitian dibangun di atas karya sebelumnya, bahwa temuan siapa pun studi selalu tunduk pada ketidakpastian, dan bahwa penelitian ini mungkin bias oleh sumber-sumbernya Pendanaan. Kompetensi ini menuntut siswa untuk memiliki prosedural dan epistemik pengetahuan tetapi juga dapat memanfaatkan pengetahuan isi mereka tentang sains (OECD, 2019).

Tabel 6. Kompetensi Ilmiah PISA 2018: Menafsirkan Data dan Bukti Secara Ilmiah.

Menafsirkan Data dan Bukti Secara Ilmiah

Menganalisis dan mengevaluasi data ilmiah, klaim, dan argumen dalam berbagai representasi dan gambar yang sesuai kesimpulan melalui:

- Mengubah data dari satu representasi ke representasi lainnya;
- Menganalisis dan menafsirkan data dan menarik kesimpulan yang tepat;
- Mengidentifikasi asumsi, bukti, dan penalaran dalam teks-teks yang berhubungan dengan sains;
- Membedakan antara argumen yang didasarkan pada bukti dan teori ilmiah dan yang didasarkan pada yang lain pertimbangan;



Menafsirkan Data dan Bukti Secara Ilmiah

- Mengevaluasi argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber (misalnya surat kabar, Internet, jurnal).

Siswa yang dapat menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah harus mampu menyampaikan makna sepotong bukti ilmiah dan implikasinya kepada audiens tertentu di kata-kata mereka sendiri, menggunakan diagram atau representasi lain yang sesuai. Kompetensi ini membutuhkan penggunaan alat matematika untuk menganalisis atau meringkas data, dan kemampuan untuk menggunakan metode standar untuk mengubah data ke representasi yang berbeda. Kompetensi ini juga termasuk mengakses informasi ilmiah dan memproduksi dan mengevaluasi argumen dan kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Ini mungkin juga melibatkan evaluasi kesimpulan alternatif menggunakan bukti, memberikan alasan untuk atau menentang kesimpulan yang diberikan, dan mengidentifikasi asumsi yang dibuat dalam mencapai kesimpulan. Singkatnya, individu yang melek sains harus dapat mengidentifikasi hubungan logis atau cacat antara bukti dan kesimpulan.

Pengetahuan Ilmiah

1. Pengetahuan Konten

Hanya sebagian saja dari konten sains yang dapat dinilai dalam PISA 2018. Oleh karena itu, penting bahwa kriteria yang jelas digunakan untuk memandu pemilihan pengetahuan yang dinilai. Pengetahuan konten yang dinilai PISA dipilih dari bidang Utama Fisika, Kimia, Biologi, Ilmu Bumi, dan Ruang Angkasa yang relevan dengan situasi kehidupan nyata, mewakili konsep ilmiah penting atau teori penjelasan utama yang memiliki kebermanfaatan jangka panjang, dan sesuai dengan tingkat perkembangan anak. Tabel 7 menyajikan kategori pengetahuan konten yang dipilih dengan menerapkan kriteria di atas.

Tabel 7. Pengetahuan Konten dalam Penilaian Sains PISA 2018.

Sistem Fisik, meliputi:

- Struktur materi (misalnya, model partikel, ikatan);
- Sifat materi (misalnya, perubahan keadaan, konduktivitas termal dan listrik);
- Perubahan kimiawi materi (misalnya, reaksi kimia, transfer energi, asam/basa);
- Gerakan dan gaya (misalnya, kecepatan, gesekan) dan aksi pada jarak (misalnya, gaya magnet, gravitasi, dan elektrostatik);
- Energi dan transformasinya (misalnya, konservasi, disipasi, reaksi kimia); dan
- Interaksi antara energi dan materi (misalnya, gelombang cahaya dan radio, suara dan gelombang seismik).

Sistem Kehidupan, termasuk:

- Sel (misalnya, struktur dan fungsi, DNA, perbedaan antara sel tumbuhan dan hewan);
- Konsep suatu organisme (misalnya, uniseluler vs. multiseluler);
- Manusia (misalnya, kesehatan; nutrisi; subsistem seperti pencernaan, pernapasan, peredaran darah, ekskresi dan reproduksi dan hubungan mereka);
- Populasi (misalnya, spesies, evolusi, keanekaragaman hayati, variasi genetik);
- Ekosistem (misalnya, rantai makanan, materi, dan aliran energi); dan
- Biosfer (misalnya, jasa ekosistem, keberlanjutan).

Sistem Bumi dan Ruang Angkasa, termasuk:

- Struktur Bumi (misalnya, litosfer, atmosfer, hidrosfer);
- Energi di Bumi (misalnya, sumber, iklim global);

-
- Perubahan di Bumi (misalnya, tektonik lempeng, siklus geokimia, kekuatan konstruktif dan destruktif);
 - Sejarah Bumi (misalnya, fosil, asal usul, dan evolusi);
 - Bumi di luar angkasa (misalnya, gravitasi, tata surya, galaksi); dan
 - Sejarah dan skala Alam Semesta dan sejarahnya (misalnya, tahun cahaya, teori Big Bang).
-

2. Pengetahuan Prosedural

Tujuan mendasar dari sains adalah untuk menghasilkan penjelasan tentang dunia material. Akun penjelasan tentatif pertama kali dikembangkan dan kemudian diuji melalui empiris pertanyaan. Penyelidikan empiris bergantung pada konsep dan metode tertentu yang mapan seperti sebagai pengertian variabel dependen dan independen, kontrol variabel, berbagai jenis pengukuran dan bentuk kesalahan, metode untuk meminimalkan kesalahan, pengakuan umum pola yang diamati dalam data, dan metode penyajian data. Ini adalah pengetahuan tentang konsep dan prosedur standar yang penting untuk penyelidikan ilmiah yang mendukung pengumpulan, analisis dan interpretasi data ilmiah. Ide-ide semacam itu membentuk tubuh pengetahuan prosedural, yang juga disebut "konsep bukti". Pengetahuan seperti itu diperlukan baik untuk melakukan penyelidikan ilmiah dan terlibat dalam tinjauan kritis terhadap bukti yang mungkin digunakan untuk mendukung klaim tertentu. Beberapa contoh pengetahuan prosedural yang dapat diuji tersaji di dalam Tabel 8.

Tabel 8. Pengetahuan Prosedural dalam PISA 2018.

Pengetahuan Prosedural

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Konsep variabel, termasuk variabel dependen, independen dan kontrol;▪ Konsep pengukuran, misalnya pengukuran kuantitatif, pengamatan kualitatif, penggunaan skala atau instrumen lain, variabel kategoris dan kontinu;▪ Cara menilai dan meminimalkan ketidakpastian seperti mengulangi dan rata-rata pengukuran;▪ Mekanisme untuk memastikan replikasi (kedekatan kesepakatan antara pengukuran berulang dengan jumlah yang sama) dan akurasi (kedekatan kesepakatan antara kuantitas yang diukur dan nilai sebenarnya) pengukuran;▪ Cara umum untuk mengabstraksi dan mewakili data menggunakan tabel, grafik, dan bagan dan penggunaannya yang tepat;▪ Kontrol variabel dan perannya dalam desain eksperimental;▪ Penggunaan uji coba terkontrol secara acak untuk menghindari temuan yang membingungkan dan untuk mengidentifikasi kemungkinan mekanisme kausal; dan▪ Sifat desain yang sesuai untuk pertanyaan ilmiah tertentu, misalnya, eksperimental, berbasis lapangan atau pencarian pola. |
|---|
-

3. Pengetahuan Epistemik

Pengetahuan epistemik adalah pengetahuan tentang konstruksi dan mendefinisikan bagian-bagian penting untuk proses pembangunan pengetahuan dalam sains (misalnya hipotesis, teori, dan pengamatan) dan perannya dalam membenarkan pengetahuan yang dihasilkan oleh sains. Siswa menggunakan pengetahuan epistemik untuk menjelaskan, dengan contoh-contoh, perbedaan antara teori ilmiah dan hipotesis atau antara fakta ilmiah dan pengamatan. Pengetahuan epistemik mencakup pemahaman bahwa konstruksi model, baik itu representasi langsung, abstrak atau matematika, adalah bentuk utama sains dan bahwa model semacam itu mirip dengan peta dari pada gambaran akurat tentang



materi/benda. Siswa juga harus menyadari bahwa kata "teori" tidak digunakan dengan cara yang sama dalam sains seperti dalam bahasa sehari-hari, dimana itu adalah sinonim untuk "menebak" atau "firasat". Sedangkan pengetahuan prosedural diperlukan untuk menjelaskan apa yang dimaksud dengan strategi kontrol variabel, pengetahuan epistemik diperlukan untuk menjelaskan mengapa penggunaan strategi kontrol variabel adalah pusat untuk membangun pengetahuan ilmiah (OECD, 2019).

Individu yang melek sains juga akan memahami bahwa para ilmuwan memanfaatkan data untuk memajukan klaim atas pengetahuan dan argumen itu adalah fitur umum dari sains. Para siswa ini juga memahami peran dan pentingnya tinjauan sejawat sebagai mekanisme yang telah ditetapkan oleh komunitas ilmiah untuk menguji klaim baru. Pengetahuan epistemik dengan demikian memberikan alasan berdasarkan prosedur dan praktik para ilmuwan sebagai dasar keyakinan pada klaim yang dibuat sains tentang ilmu alam. Tabel 9 menyajikan apa yang dianggap sebagai komponen utama pengetahuan epistemik diperlukan untuk literasi sains.

Tabel 9. Pengetahuan Epistemik dalam Penilaian Sains PISA 2018.

Pengetahuan Epistemik

Konstruksi dan ciri-ciri yang menentukan ilmu pengetahuan, yaitu:

- Sifat pengamatan ilmiah, fakta, hipotesis, model dan teori;
- Maksud dan tujuan sains (untuk menghasilkan penjelasan tentang dunia alam) sebagaimana dibedakan dari teknologi (untuk menghasilkan solusi optimal untuk kebutuhan manusia), apa yang merupakan pertanyaan ilmiah atau teknologi, dan apa yang merupakan data yang tepat;
- Nilai-nilai sains, seperti komitmen terhadap publikasi, objektivitas dan penghapusan bias; dan
- Sifat penalaran yang digunakan dalam sains, seperti deduktif, induktif, kesimpulan terhadap penjelasan terbaik (abductive), analogis dan berbasis model;

Peran konstruk dan fitur-fitur ini dalam membenarkan pengetahuan yang dihasilkan oleh sains, yaitu:

- Bagaimana klaim ilmiah didukung oleh data dan penalaran dalam sains;
- Fungsi berbagai bentuk penyelidikan empiris dalam membangun pengetahuan, termasuk tujuan mereka (untuk menguji hipotesis penjelasan atau mengidentifikasi pola) dan desainnya (pengamatan, eksperimen terkontrol, studi korelasional);
- Bagaimana kesalahan pengukuran mempengaruhi tingkat kepercayaan pada pengetahuan ilmiah;
- Penggunaan dan peran model fisik, sistem dan abstrak dan batas-batasnya;
- Peran kolaborasi dan kritik dan bagaimana tinjauan sejawat membantu membangun kepercayaan pada klaim ilmiah; dan
- Peran pengetahuan ilmiah, bersama dengan bentuk pengetahuan lainnya, dalam mengidentifikasi dan mengatasi masalah sosial dan teknologi.

Pengetahuan epistemik diuji secara pragmatis, siswa biasanya akan diminta untuk menafsirkan dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan beberapa pengetahuan epistemik dari pada ditanya secara langsung tentang poin-poin dalam Tabel 8. Misalnya, siswa mungkin diminta untuk mengidentifikasi apakah kesimpulan dibenarkan oleh data atau bukti apa yang paling mendukung hipotesis yang diajukan dalam suatu item dan menjelaskan alasannya (OECD, 2019).



Domain Penilaian

Penilaian Kognitif

Fitur utama dari kerangka kerja PISA 2018 adalah definisi tingkat kognitif dalam penilaian literasi sains dan di ketiga kompetensi. Dalam kerangka penilaian, kesulitan item, yang diturunkan secara empiris, sering dikacaukan dengan penilaian kognitif. Kesulitan item empiris diperkirakan dari proporsi populasi peserta tes yang berhasil menyelesaikan item dengan benar, sedangkan penilaian kognitif mengacu pada jenis pemrosesan mental yang diperlukan (Dempster & Kirby, 2018).

Taksonomi kognitif yang pernah diperkenalkan sebagai objek pembelajaran yakni taksonomi *Bloom*, *Blosser*, dan *Piaget*. Taksonomi *Bloom* terdiri dari pengetahuan (*knowledge*), pemahaman (*comprehension*), penerapan (*application*), analisis (*analysis*), sintesis (*synthesis*), evaluasi (*evaluation*). Taksonomi *Blosser* terdiri dari tugas kognitif mengingat (*recall*), berpikir konvergen (kritis), berpikir divergen (kreatif), dan berpikir evaluasi. Sedangkan *Piaget* memperkenalkan tugas berpikir konkrit dan berpikir formal.

Suatu tes dapat memiliki tingkat kesulitan yang tinggi karena menguji pengetahuan yang tidak dikenal oleh sebagian besar siswa sementara pada saat yang sama hanya membutuhkan penilaian kognitif yang rendah karena siswa hanya perlu mengingat sepotong informasi. Sebaliknya, suatu item dapat menuntut secara kognitif karena mengharuskan individu untuk menghubungkan dan mengevaluasi banyak item pengetahuan, namun masih memiliki tingkat kesulitan yang rendah karena masing-masing bagian pengetahuan mudah diingat. Berbagai klasifikasi skema tes kognitif telah dikembangkan dan dievaluasi sejak Taksonomi *Bloom* pertama kali diterbitkan. Ini sebagian besar didasarkan pada kategorisasi jenis pengetahuan dan proses kognitif terkait yang digunakan untuk menggambarkan tujuan pendidikan atau tugas penilaian.

Kedalaman pengetahuan perlu dikembangkan di samping pengetahuan dan kompetensi ilmiah yang diinginkan. Tingkat kedalaman pengetahuan ditentukan oleh kompleksitas konten dan tugas yang diperlukan. Kerangka kerjanya terdiri dari empat tingkatan, tingkat 1 mengingat, tingkat 2 menggunakan keterampilan dan/atau pengetahuan konseptual, dan tingkat 3 pemikiran strategis dan tingkat pemikiran yang diperluas. Setiap level didefinisikan oleh sejumlah besar kata kerja (beberapa di antaranya muncul di lebih dari satu tingkat) yang menggambarkan proses kognitif. Kerangka kerja ini menawarkan pandangan yang lebih holistik tentang tugas pembelajaran dan penilaian dan membutuhkan analisis konten dan proses kognitif yang dituntut oleh berbagai tugas pembelajaran.

Semua kerangka kerja yang dijelaskan di atas menjadi dasar klasifikasi domain pengetahuan dan kompetensi sains dalam PISA 2018. Ada tiga tantangan dalam mengembangkan item tes berdasarkan hierarki kognitif yakni terlalu banyak upaya akan dilakukan untuk memasukkan item tes ke dalam kerangka kognitif tertentu, yang dapat menyebabkan item kurang berkembang. Item-item tes PISA mengoperasionalkan standar dengan cara yang lebih sederhana dari pada cara kognitif. Maksud dan aktualisasi kognitif mungkin saja tidak selaras dengan kerangka kerja yang mendefinisikan tujuan dan sasaran kognitif. Tanpa kerangka



kognitif yang terdefinisi dengan baik dan dipahami, penulisan dan pengembangan item mungkin sering berfokus pada kesulitan item dan dengan demikian hanya menggunakan berbagai proses kognitif dan jenis pengetahuan yang terbatas. Kerangka sains PISA 2018 menggunakan versi adaptasi dari tingkatan Kedalaman Pengetahuan Webb di samping pengetahuan dan kompetensi ilmiah yang diinginkan. Karena kompetensi adalah fitur utama dari kerangka kerja, kerangka kognitif perlu menilai dan melaporkannya di berbagai kemampuan siswa. Tingkat Kedalaman Pengetahuan Webb menawarkan taksonomi untuk kognitif tampil dengan isyarat verbal yang digunakan (misalnya, menganalisis, mengatur atau membandingkan) sesuai tingkatan kedalaman pengetahuan yang diharapkan. Kerangka pengembangan item kognitif tersaji di Gambar 5.

Tabel 10. Kerangka Penilaian Kognitif PISA 2015/2018.

Kompetensi	
	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
	Mengevaluasi dan merancang inkuiri sains.
	Menafsirkan data dan bukti secara ilmiah.
Pengetahuan	Pengetahuan
	Konten/Isi
	Pengetahuan
	Prosedural
	Pengetahuan
	Epistemik

Tabel 10 menunjukkan kerangka untuk pemetaan item-item tes yang mamadukan dimensi pengetahuan dan kompetensi. Setiap item juga dapat dipetakan menjadi tiga tingkatan kedalaman pengetahuan yakni rendah, menyelesaikan satu langkah prosedur, misalnya mengingat fakta, istilah, prinsip atau konsep atau menempatkan sebuah informasi dari grafik atau tabel. Sedang, menggunakan atau menerapkan pengetahuan konseptual untuk menggambarkan atau menjelaskan fenomena, memilih prosedur kerja sesuai yang melibatkan dua tau lebih langkah, mengatur atau menampilkan data, menafsirkan atau menggunakan sejumlah data atau grafik. Tinggi, menganalisis informasi atau data yang kompleks, mensintesis atau mengevaluasi bukti, memutuskan dan menyimpulkan, mengemukakan alasan berdasarkan sumber yang beragam, mengembangkan rencana atau sejumlah langkah sebagai pendekatan untuk menyelesaikan masalah (OECD, 2019).

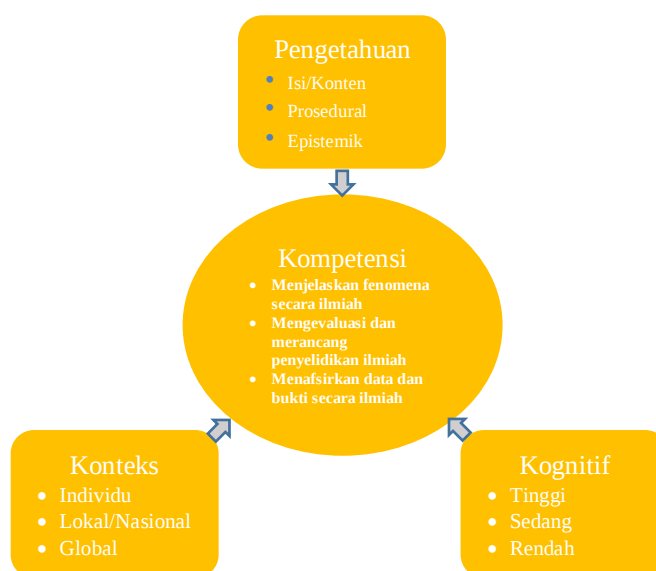
Dengan demikian, item-item yang hanya membutuhkan ingatan akan satu informasi membuat tuntutan kognitif yang rendah, bahkan jika pengetahuan itu sendiri mungkin cukup kompleks. Sebaliknya, item yang membutuhkan ingatan lebih dari satu pengetahuan dan memerlukan perbandingan dan evaluasi yang terhadap relevansinya akan dianggap sebagai level kognitif yang tinggi, bahkan jika pengetahuan itu relatif sederhana. Oleh karena itu, kesulitan item apa pun adalah kombinasi dari kompleksitas dan jangkauan pengetahuan yang dibutuhkan dan operasi kognitif yang diperlukan. Oleh karena itu, faktor utama yang menentukan kesulitan item penilaian sains adalah: 1) jumlah dan tingkat kompleksitas unsur-unsur pengetahuan yang dituntut oleh item; 2) tingkat keakraban dan pengetahuan

sebelumnya yang mungkin dimiliki siswa tentang isi, pengetahuan prosedural, dan epistemik yang terlibat; 3) operasi kognitif yang diperlukan oleh item (misalnya, ingat, analisis, dan evaluasi); dan 4) sejauh mana pembentukan respons tergantung pada model atau ide-ide ilmiah yang abstrak.

Pendekatan empat faktor ini memungkinkan ukuran literasi sains yang luas di berbagai kemampuan siswa. Ini relatif sederhana, sehingga diharapkan bisa meminimalkan masalah yang dihadapi dalam penerapannya. Kerangka kognitif ini juga akan memfasilitasi pengembangan definisi awal dari parameter deskriptif untuk level kecakapan pelaporan (OECD, 2019).

Karakteristik Tes

Sebagai titik awal untuk membangun unit penilaian, perlu mempertimbangkan konteks yang akan berfungsi sebagai bahan stimulus, kompetensi yang diperlukan untuk menanggapi pertanyaan atau masalah, pengetahuan yang menjadi fokus sasaran kognitif. Hubungan komponen dasar kerangka kerja PISA 2018 untuk penilaian literasi sains dengan struktur dan isi unit penilaian tersaji di Gambar 7.



Gambar 7. Alat untuk Membangun dan Menganalisis Unit dan Item Penilaian.

Unit uji diperkenalkan oleh materi stimulus tertentu, yang mungkin merupakan bagian tertulis singkat, atau teks yang menyertai tabel, bagan, grafik, atau diagram. Dalam unit yang baru dibuat untuk PISA 2015 (dan digunakan kembali dalam PISA 2018), materi stimulus juga dapat mencakup materi stimulus non-statis, seperti animasi dan simulasi interaktif. Item dalam unit dinilai secara independen (OECD, 2019).

PISA mengelompokkan item ke dalam unit untuk menggunakan konteks yang nyata mungkin dan yang mencerminkan kompleksitas situasi dunia nyata, sambil memanfaatkan waktu pengujian secara efisien. Menggunakan situasi dimana beberapa pertanyaan dapat diajukan, dari pada mengajukan pertanyaan terpisah tentang sejumlah besar situasi yang berbeda, mengurangi waktu keseluruhan yang



diperlukan bagi siswa untuk menjadi terbiasa dengan materi dalam setiap pertanyaan. Namun, poin skor (yaitu item) dalam suatu unit harus tetap independen satu sama lain. Selain itu, karena pendekatan ini mengurangi jumlah konteks penilaian yang berbeda, penting untuk memastikan bahwa ada rentang konteks yang memadai untuk meminimalkan bias karena pilihan konteks (OECD, 2019).

Unit uji PISA 2018 akan membutuhkan penggunaan ketiga kompetensi ilmiah dan memanfaatkan ketiga bentuk pengetahuan sains. Dalam kebanyakan kasus, setiap unit pengujian akan menilai beberapa kompetensi dan kategori pengetahuan. Item individu, bagaimanapun, terutama akan menilai hanya satu bentuk pengetahuan dan satu kompetensi ilmiah. Siswa perlu membaca materi stimulus dan pertanyaan dalam penilaian literasi IPA PISA 2018, oleh karena itu mengangkat isu bahwa tingkat literasi membaca tertentu akan diperlukan untuk menampilkan literasi sains. Untuk mengatasi masalah ini, materi dan pertanyaan stimulus akan menggunakan bahasa yang sejelas, sederhana, singkat, dan sesederhana mungkin secara sintaksis sambil tetap menyampaikan makna yang sesuai. Jumlah konsep yang diperkenalkan perparagraf akan dibatasi. Pertanyaan dalam domain sains yang secara khusus menilai membaca atau literasi matematika akan dihindari.

Format Item

Tiga kelas item digunakan untuk menilai kompetensi dan pengetahuan ilmiah yang diidentifikasi dalam kerangka kerja. Item akan dibagi kira-kira sama ke dalam tiga kelas ini: 1) pilihan ganda sederhana; 2) pemilihan satu respons dari empat opsi; dan 3) pemilihan "hot spot", atau jawaban yang merupakan elemen yang dapat dipilih dalam grafik atau teks. Pilihan ganda yang kompleks, item yang membutuhkan: 1) tanggapan terhadap serangkaian pertanyaan "Ya/Tidak" terkait yang diperlakukan sebagai satu item untuk tujuan penilaian (format khas pada tahun 2006); 2) pemilihan lebih dari satu respons dari daftar; 3) penyelesaian kalimat dengan memilih pilihan turun bawah untuk mengisi beberapa bagian yang kosong; dan 4) respons "Seret dan lepas", memungkinkan siswa untuk memindahkan elemen di layar untuk menyelesaikan tugas yang memerlukan pencocokan, pengurutan, atau pengkategorian. Tanggapan yang dibangun, item yang meminta tanggapan tertulis atau yang ditarik. Item respons yang dibangun dalam penilaian literasi sains biasanya membutuhkan tanggapan tertulis mulai dari frasa hingga paragraf pendek (yaitu, dua hingga empat kalimat penjelasan). Sejumlah kecil item respons yang dibangun membutuhkan gambar, misalnya, grafik atau diagram. Dalam penilaian berbasis komputer, item semacam itu perlu didukung editor gambar sederhana yang khusus untuk respons yang diperlukan (OECD, 2019).

Selain itu, dalam PISA 2018, beberapa tanggapan akan ditangkap oleh tugas interaktif, seperti pilihan siswa saat memanipulasi variabel dalam pertanyaan ilmiah simulasi. Respons terhadap tugas interaktif ini akan dinilai sebagai item pilihan ganda yang kompleks. Beberapa respons terhadap tugas interaktif cukup terbuka sehingga dianggap sebagai respons yang dibangun (OECD, 2019).

Struktur Penilaian

Penilaian berbasis komputer akan kembali menjadi mode penyampaian utama untuk semua domain, termasuk literasi sains, dalam PISA 2018. Item literasi



sains yang baru dikembangkan untuk pengiriman berbasis komputer PISA 2015 hanya akan tersedia dalam penilaian berbasis komputer di PISA 2018. Namun, instrumen penilaian berbasis kertas (dengan pilihan item yang lebih kecil) akan disediakan untuk negara-negara yang memilih untuk tidak menguji siswa mereka di komputer.

Unit PISA diatur ke dalam bagian 30 menit yang disebut "*cluster*". Setiap *cluster* hanya mencakup unit yang baru mengenal PISA 2015 atau hanya unit yang telah digunakan dalam siklus PISA sebelumnya, yang dikenal sebagai "unit tren". Setiap siswa akan diberi satu formulir tes dua jam. Formulir pengujian terdiri dari empat *cluster*, masing-masing dirancang untuk menempati tiga puluh menit waktu pengujian. *Cluster* ditempatkan dalam beberapa bentuk uji berbasis komputer.

Setiap siswa akan menghabiskan total satu jam untuk dua kelompok literasi membaca, dengan sisa waktu yang ditugaskan untuk satu atau dua domain tambahan sains, Matematika, dan kompetensi global. Sementara penilaian berbasis kertas akan terbatas pada item tren dan tidak akan menyertakan materi yang baru dikembangkan, instrumen berbasis komputer akan mencakup item yang baru dikembangkan dan item tren (OECD, 2019). Kehati-hatian diperlukan ketika mentransposisikan item tren berbasis kertas ke format di layar sehingga presentasi, format respons, dan penilaian kognitif tetap sebanding.

Keseimbangan poin skor yang diinginkan antara tiga jenis pengetahuan (konten, prosedural, dan epistemik) dan tiga kategori pengetahuan konten ditunjukkan pada Tabel 11. Pembobotan ini secara luas konsisten dengan kerangka kerja sebelumnya dan mencerminkan pandangan konsensus di antara para ahli yang dikonsultasikan dalam penulisan kerangka kerja ini.

Tabel 11. Distribusi Target Poin Skor Berdasarkan Jenis Pengetahuan dan Kategori Pengetahuan Konten.

Jenis Pengetahuan	Sistem			
	Fisik	Kehidupan	Bumi dan Antariksa	Total Sistem
Konten/Isi	20-24%	20-24%	14-18%	54-66%
Prosedural	7-11%	7-11%	5-9%	19-31%
Epistemik	4-8%	4-8%	2-6%	10-22%
Total	36%	36%	28%	100%

Keseimbangan target skor-poin untuk kompetensi ilmiah diberikan pada Tabel 12. Pembobotan ini telah dipilih sehingga penilaian dibagi secara merata antara item-item yang sebagian besar mengacu pada pengetahuan konten dan item yang sebagian besar mengacu pada pengetahuan prosedural atau epistemik.

Tabel 12. Target Distribusi Poin Skor untuk Kompetensi Ilmiah.

Kompetensi Ilmiah	% of skor poin
Menjelaskan fenomena secara ilmiah	40-50%
Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah	20-30%
Menafsirkan data dan bukti secara ilmiah	30-40%
Total	100%

Konteks item akan tersebar di seluruh pengaturan pribadi, lokal/nasional dan global kira-kira dalam rasio 1:2:1, seperti yang terjadi pada tahun 2006 ketika

sains pertama kali menjadi domain utama penilaian. Berbagai macam bidang aplikasi akan dipilih, tunduk pada kendala yang diberlakukan oleh distribusi poin skor yang ditunjukkan pada Tabel 11 dan Tabel 12 (OECD, 2019).

Skala Pelaporan

Pengembangan skala prestasi siswa atau menggambarkan apa yang dapat dilakukan siswa pada berbagai tingkat pencapaian sangat penting untuk melaporkan dan membandingkan prestasi siswa di seluruh dunia. Kerangka kerja 2015 (yang sebagian besar didasarkan pada kerangka kerja ini) secara eksplisit mendefinisikan parameter peningkatan kompetensi dan perkembangan, memungkinkan pengembang item untuk merancang item yang mewakili pertumbuhan kemampuan ini. Skala telah diperluas ke Level "1b", yang secara khusus membahas dan memberikan deskripsi siswa pada tingkat kemampuan terendah. Para siswa ini menunjukkan bukti literasi sains yang sangat minim dan sebelumnya tidak akan dimasukkan dalam skala pelaporan (OECD, 2016, 2017, 2019).

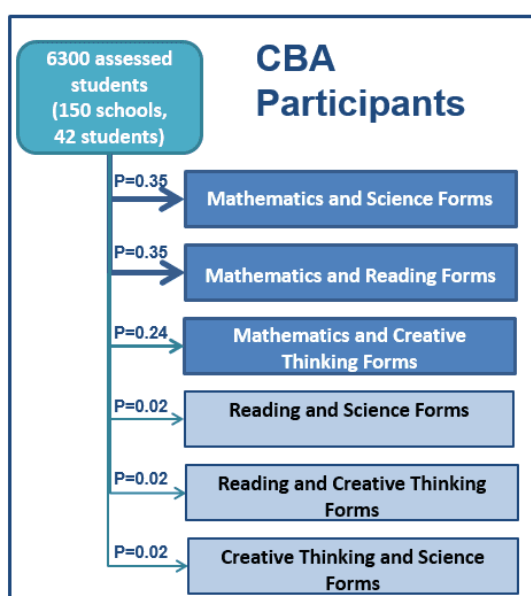
Tabel 13. Deskripsi Ringkasan Tujuh Tingkat Kemahiran Sains dalam PISA 2015.

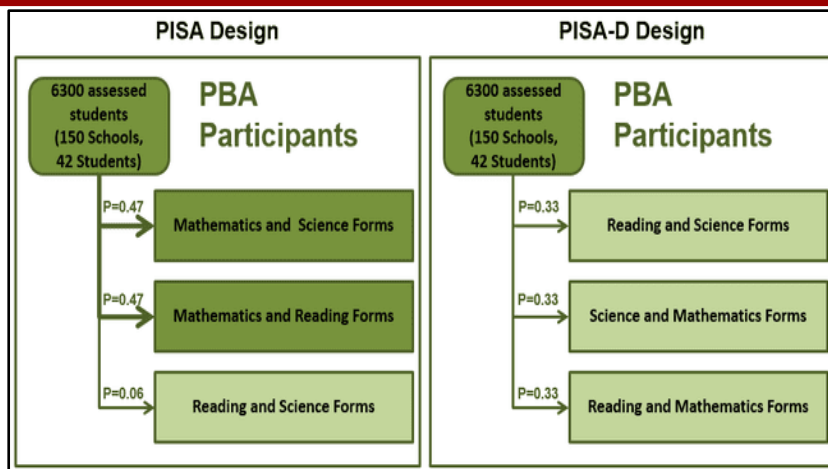
Tingkat	Karakteristik Tugas
6	Di Level 6, siswa dapat memanfaatkan berbagai ide dan konsep ilmiah yang saling terkait dari ilmu fisik, kehidupan, bumi dan ruang angkasa, dan menggunakan konten, pengetahuan prosedural dan epistemik untuk menawarkan hipotesis penjelasan tentang fenomena, peristiwa, dan proses ilmiah baru atau untuk membuat prediksi. Dalam menafsirkan data dan bukti, mereka mampu membedakan antara informasi yang relevan dan tidak relevan dan dapat memanfaatkan pengetahuan di luar kurikulum sekolah normal. Mereka dapat membedakan antara argumen yang didasarkan pada bukti dan teori ilmiah dan yang didasarkan pada pertimbangan lain. Siswa level 6 dapat mengevaluasi desain yang bersaing dari eksperimen kompleks, studi lapangan atau simulasi dan membenarkan pilihan mereka.
5	Di Level 5, siswa dapat menggunakan ide atau konsep ilmiah abstrak untuk menjelaskan fenomena, peristiwa, dan proses yang tidak dikenal dan lebih kompleks yang melibatkan beberapa tautan kausal. Mereka mampu menerapkan pengetahuan epistemik yang lebih canggih untuk mengevaluasi desain eksperimental alternatif dan membenarkan pilihan mereka dan menggunakan pengetahuan teoretis untuk menafsirkan informasi atau membuat prediksi. Siswa tingkat 5 dapat mengevaluasi cara-cara untuk mengeksplorasi pertanyaan yang diberikan secara ilmiah dan mengidentifikasi keterbatasan dalam interpretasi kumpulan data termasuk sumber dan efek ketidakpastian dalam data ilmiah.
4	Di Level 4, siswa dapat menggunakan pengetahuan konten yang lebih kompleks atau lebih abstrak, yang disediakan atau diingat, untuk membangun penjelasan tentang peristiwa dan proses yang lebih kompleks atau kurang akrab. Mereka dapat melakukan eksperimen yang melibatkan dua atau lebih variabel independen dalam konteks yang dibatasi. Mereka mampu membenarkan desain eksperimental, menggambar pada elemen-elemen pengetahuan prosedural dan epistemik. Siswa tingkat 4 dapat menafsirkan data yang diambil dari kumpulan data yang cukup kompleks atau konteks yang kurang akrab, menarik kesimpulan yang tepat yang melampaui data dan memberikan pembenaran untuk pilihan mereka.
3	Di Level 3, siswa dapat memanfaatkan pengetahuan konten yang cukup kompleks untuk mengidentifikasi atau membangun penjelasan tentang fenomena yang sudah dikenal. Dalam situasi yang kurang akrab atau lebih kompleks, mereka dapat membangun penjelasan dengan isyarat atau dukungan yang relevan. Mereka dapat memanfaatkan unsur-unsur pengetahuan prosedural atau epistemik untuk melakukan eksperimen sederhana dalam konteks yang dibatasi. Siswa tingkat 3 dapat

Tingkat	Karakteristik Tugas
	membedakan antara masalah ilmiah dan non-ilmiah dan mengidentifikasi bukti yang mendukung klaim ilmiah.
2	Di Level 2, siswa dapat memanfaatkan pengetahuan konten sehari-hari dan pengetahuan prosedural dasar untuk mengidentifikasi penjelasan ilmiah yang sesuai, menafsirkan data, dan mengidentifikasi pertanyaan yang sedang dibahas dalam desain eksperimental sederhana; Menggunakan pengetahuan ilmiah dasar atau sehari-hari untuk mengidentifikasi kesimpulan yang valid dari kumpulan data sederhana; Mampu mendemonstrasikan pengetahuan epistemik dasar dan mengidentifikasi pertanyaan yang dapat diselidiki secara ilmiah.
1a	Di Level 1a, siswa dapat menggunakan konten dasar atau sehari-hari dan pengetahuan prosedural untuk mengenali atau mengidentifikasi penjelasan tentang fenomena ilmiah sederhana. Dengan dukungan, mereka dapat melakukan penyelidikan ilmiah terstruktur dengan tidak lebih dari dua variabel. Mereka mampu mengidentifikasi hubungan kausal atau korelasional sederhana dan menafsirkan data grafis dan visual yang membutuhkan tingkat penilaian kognitif yang rendah. Siswa level 1a dapat memilih penjelasan ilmiah terbaik untuk data yang diberikan dalam konteks pribadi, lokal, dan global yang sudah dikenal.
1b	Di Level 1b, siswa dapat menggunakan pengetahuan ilmiah dasar atau sehari-hari untuk mengenali aspek-aspek dari fenomena yang akrab atau sederhana. Mereka mampu mengidentifikasi pola sederhana dalam data, mengenali istilah ilmiah dasar dan mengikuti.

Literasi Sains dalam Kerangka PISA 2021

Dalam kerangka PISA 2021, asesmen dibuat dalam bentuk yang terintegrasi. Penilaian kognitif untuk PISA 2021, terdiri dari pengukuran empat domain, tiga domain PISA inti (membaca, matematika, dan sains) dan domain inovatif (pemikiran kreatif). Asesmen literasi sains tidak hanya hadir sebagai domain inti tetapi juga terintegrasi dengan tes literasi Matematika, literasi membaca, dan berpikir kreatif. Namun ada perbedaan domain penilaian antara penilaian berbasis komputer (CBA) dan penilaian berbasis kertas (PBA) yakni tidak ada domain inovatif (Pemikiran Kreatif) pada rancangan PBA (OECD, 2019, 2021).

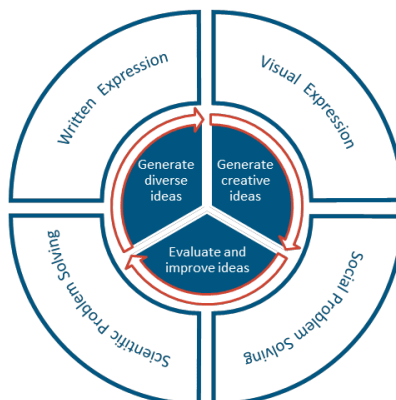




Gambar 8. Integrasi Domain PISA 2021. a) untuk Penilaian Berbasis Komputer (Computer Base Assesment (CBA)); dan b) untuk Penilaian Berbasis Kertas (Paper Base Assessment (PBA)).

Domain literasi sains yang berkenaan dengan penerapan Matematika pada dunia alam dan isu-isu serta topik yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan dan teknologi. Konteks tertentu mungkin termasuk (tetapi tidak terbatas pada) bidang-bidang seperti cuaca atau iklim, ekologi, kedokteran, ilmu ruang angkasa, genetika, pengukuran dan dunia Matematika itu sendiri. Item yang intra-matematis, dimana semua elemen yang terlibat termasuk dalam dunia matematika, termasuk dalam konteks ilmiah (OECD, 2021).

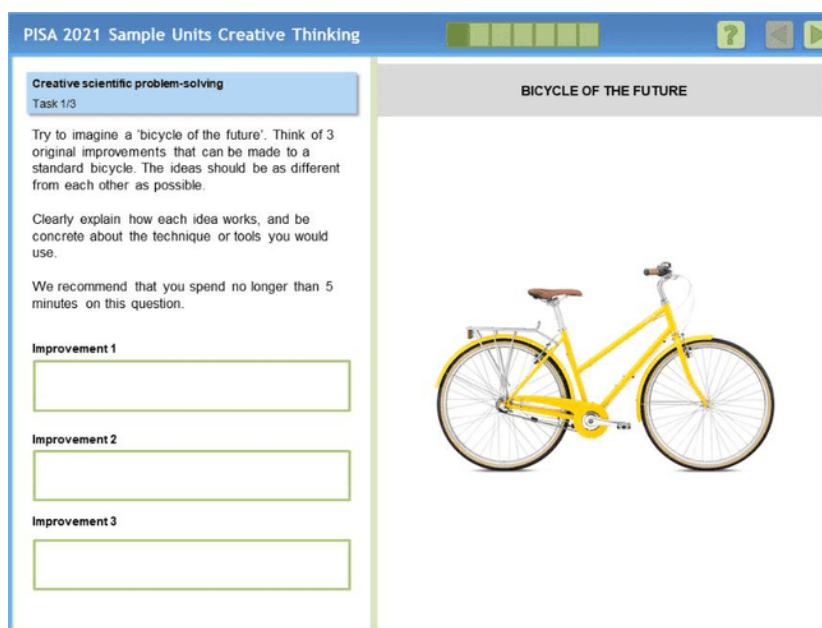
Pemikiran kreatif dalam sains dapat memanifestasikan dirinya dalam berbagai cara, dalam konsepsi ide-ide baru yang berkontribusi untuk memajukan pengetahuan ilmiah, dalam konsepsi eksperimen untuk menyelidiki hipotesis, dalam pengembangan ide-ide ilmiah atau penemuan yang diterapkan pada domain tertentu yang menarik secara praktis, atau dalam implementasi baru rencana dan cetak biru untuk kegiatan ilmiah/teknik. Siswa dapat menunjukkan pemikiran kreatif saat mereka terlibat dalam sesi inkuiri dimana mereka mengeksplorasi, memanipulasi, dan bereksperimen dengan materi dengan cara apapun yang mereka pilih (OECD, 2021).



Gambar 9. Model Kompetensi Berpikir Kreatif Menurut PISA 2021.

Keterampilan yang dituntut oleh proses kognitif menghasilkan ide, mengevaluasi dan peningkatan ide yang tergantung konteks. Misalnya, meskipun menyusun puisi dan mempertimbangkan hipotesis ilmiah yang layak untuk dieksplorasi di laboratorium keduanya dapat dipahami sebagai tindakan generasi ide kreatif, keterampilan kognitif dan domain yang relevan yang sebenarnya yang dibutuhkan seseorang untuk berhasil berpikir kreatif dalam kedua kegiatan ini agak berbeda dan dapat mengandalkan serangkaian pengetahuan dan pengalaman domain yang berbeda. Dalam ekspresi tertulis, pembuatan ide umumnya melibatkan penulis yang mengidentifikasi memori berdasarkan topik tulisan dan mengeksplorasi memori jangka panjang. Dalam proses ilmiah, pembuatan ide terutama berasal dari proses penyelidikan yang melibatkan perumusan pertanyaan baru dan melakukan eksperimen untuk mengumpulkan bukti mengenai pertanyaan-pertanyaan tersebut.

Penciptaan pengetahuan dan pemecahan masalah (domain ilmiah) dapat dilakukan dengan cara: 1) menghasilkan ide yang beragam (*generate diverse ideas*): Siswa mengembangkan beberapa metode Matematika yang berbeda untuk memecahkan masalah terbuka (misalnya pemain paling konsisten dalam sebuah tim), atau siswa menghasilkan beberapa hipotesis atau ide eksperimen yang berbeda untuk menyelidiki pengamatan (misalnya hewan yang tiba-tiba menjadi agresif); 2) menghasilkan ide-ide kreatif (*generate creative ideas*): Siswa menghasilkan solusi yang efektif dan orisinal untuk masalah teknik (dimana efektif hanya mengharuskan solusi, jika diimplementasikan dengan benar, dapat mewakili solusi yang mungkin untuk masalah tersebut); dan 3) mengevaluasi dan memperbaiki gagasan (*evaluate and improve ideas*): Siswa membuat perbaikan asli untuk eksperimen yang disarankan (misalnya menguji sifat materi), dimana respons siswa adalah ide eksperimen yang valid dan asli dan dibangun di atas eksperimen yang diberikan.



(a) Soal Pertama

PISA 2021 Sample Units Creative Thinking

Creative scientific problem-solving
Task 2/3

A friend of yours suggests that as a high-tech bike of the future is likely to be expensive, it should be well-protected against theft. He proposes to install a camera with facial recognition software to the handlebar using a clip. The camera will then send a notification to the owners' phone if someone else is riding the bike.

Suggest an improvement to make your friend's idea more effective at reducing bike theft. Be specific in your description.

Describe the improvement in the space below.

Improvement
Text

BICYCLE OF THE FUTURE

Your friend's idea to reduce bike theft

Camera with facial recognition software Clip to attach the camera to the bike's handlebar



(b) Soal Kedua

PISA 2021 Sample Units Creative Thinking

Creative scientific problem-solving
Task 3/3

The bicycle of the future is automatically powered and pedals are no longer necessary.

Suggest an original way to reuse or repurpose the pedal of the bicycle.

The idea should be original in the sense that not many students would think of it.

We recommend that you spend no longer than 5 minutes on this question.

Idea

BICYCLE OF THE FUTURE



(c) Soal Ketiga

Gambar 10. (a), (b), dan (c) Contoh Soal Tes PISA 2021 pada Domain Berpikir Kreatif.

Soal pertama meminta siswa untuk menggambarkan tiga cara inovatif perubahan sepeda mungkin di masa depan. Tugas ini menghasilkan bukti untuk



aspek 'menghasilkan beragam ide' dari model kompetensi. Ide 'sesuai' dalam tugas ini jika mereka menghasilkan saran sehingga cara bersepeda dapat berubah, dan jika solusi yang disarankan, jika diterapkan dengan benar, tetap mempertahankan esensi sepeda (yaitu alat transportasi untuk satu individu). Agar ide menjadi 'berbeda', mereka harus menyarankan variasi yang berbeda dengan sepeda standar, misalnya mengganti elemen yang berbeda

Dalam tugas kedua, siswa disajikan dengan saran teman tentang perangkat anti-pencurian dan diminta untuk memikirkan cara untuk meningkatkan saran mereka. Ini tugas menghasilkan informasi untuk aspek 'mengevaluasi dan meningkatkan ide'. Siswa harus dapat mengevaluasi bahwa ide teman itu memiliki kelemahan setidaknya untuk dua alasan yaitu, akan mudah bagi pencuri untuk melepaskan kamera dari sepeda dan pemberitahuan yang dikirim ke ponsel individu kemungkinan akan terlambat untuk menghentikan pencuri. Oleh karena itu, ide yang 'sesuai' untuk item ini harus mewakili saran untuk solusi yang jika diterapkan dengan benar, meningkatkan perangkat anti-pencurian dengan mengatasi kelemahannya. Orisinalitas perbaikan ditentukan dengan dasar apakah perbaikan yang disarankan mungkin dilaksanakan.

Tugas ketiga meminta siswa untuk menyarankan cara kreatif agar pedal sepeda dapat digunakan untuk tujuan yang berbeda, sekarang sepeda dapat bergerak secara otomatis. Item ini menghasilkan informasi untuk aspek 'menghasilkan ide-ide kreatif'. Ide yang 'sesuai' dalam item ini mengacu pada ide apapun yang menyerupai saran yang jika diterapkan dengan benar, dapat mengakibatkan cara penggunaan baru untuk pedal. Orisinalitas respons siswa tergantung pada apakah responsnya mungkin dilakukan misalnya: 1) gunakan pedal sebagai kait (misalnya menempel ke dinding untuk menggantung mantel); 2) menggunakan pedal sebagai pegangan pintu; dan 3) gunakan kedua pedal sebagai ekstensi anggota tubuh (misalnya untuk mengambil sesuatu dari rak tinggi atau dari lantai) (OECD, 2021).

SIMPULAN

Literasi sains dalam PISA 2015 hingga saat ini didefinisikan sebagai kemampuan individu untuk mencurahkan perhatian pada topik-topik yang terkait sains dan gagasan-gagasan sains sebagai wujud refleksi individu. Seseorang yang melek secara sains akan selalu mencurahkan perhatian pada perdebatan logis mengenai sains dan teknologi yang membutuhkan kompetensi: 1) menjelaskan fenomena secara ilmiah; 2) mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah; dan 3) menafsirkan data dan bukti secara ilmiah. Aspek pengetahuan sains dalam PISA terdiri dari pengetahuan konten, pengetahuan prosedural, dan pengetahuan epistemik. Aspek konteks literasi sains terdiri dari konteks kesehatan dan penyakit, sumber daya alam, kualitas lingkungan, bahaya dan cemaran, dan batasan sains dan teknologi. Aspek sikap sains PISA terdiri dari sikap kritis sains dalam pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan isu sosiosaintifik yang argumentatif dan sikap kreatif yang ditandai dengan kemampuan mengajukan gagasan-gagasan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman saintifik. Dalam PISA 2021, asesmen literasi sains tidak hanya hadir sebagai domain inti, tetapi juga terintegrasi dengan tes literasi Matematika, literasi membaca, dan berpikir kreatif.



SARAN

Dalam rangka mempersiapkan siswa-siswa Indonesia menghadapi PISA, maka siswa harus dibiasakan menghadapi pembelajaran atau menyelesaikan tes dengan karakteristik serupa dengan literasi sains PISA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada DRTPM Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengembangan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah mendanai studi ini melalui Hibah Penelitian Terapan Kompetitif Nasional dengan Nomor Kontrak: 160/E5/PG.02.00.PT/2022.

DAFTAR RUJUKAN

- Avvisati, F., Echazarra, A., Givord, P., & Schwabe, M. (2019). Country Note Programme for International Student Assessment (PISA): Result from PISA 2018. In *OECD 2019 Vol. I-III* (pp. 1-10). Paris, Prancis: Organisation for Economic Cooperation and Development. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_69
- Brockbank, E., & Walker, C. M. (2022). Explanation Impacts Hypothesis Generation, But Not Evaluation, During Learning. *Cognition*, 225(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105100>
- Dempster, E. R., & Kirby, N. F. (2018). Inter-Rater Agreement in Assigning Cognitive Demand to Life Sciences Examination Questions. *Perspectives in Education*, 36(1), 94-110. <https://doi.org/10.18820/2519593X/pie.v36i1.7>
- Dewi, C. A., Khery, Y., & Erna, M. (2019). An Ethnoscience Study in Chemistry Learning to Develop Scientific Literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 279-287. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.19261>
- Khery, Y., Muzaki, A., Nufida, B. A., Lesnawati, Y., Rahayu, S., Candra, N., & Setiawan, E. (2020). Mobile-Nature of Science Model of Learning for Supporting Student Performance on General Chemistry Classroom. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(12), 122-137. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i12.15591>
- Kurniati, D., Jember, U., & Annizar, A. M. (2017). The Analysis of Students Cognitive Problem Solving Skill in Solving PISA Standard-Based Test Item. *Advanced Science Letters*, 23(2), 776-780. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.7466>
- Mukti, W. R., Yuliskurniawati, I. D., Noviyanti, N. I., Mahanal, S., & Zubaidah, S. (2019). A Survey of High School Students Scientific Literacy Skills in Different Gender. *Journal of Physics: Conference Series*, 1241(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1241/1/012043>
- OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science*,



- Reading, *Mathematic and Financial Literacy, PISA*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2017). *PISA for Development Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science (Preliminary Version)*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2019). *PISA 2018 Released Field Trial and Main Survey New Reading Items*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2019). *PISA 2021 Context Questionnaire Framework (Field Trial Version)*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2021). No Title PISA 2021 Creative Thinking Framework. In *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2021). PISA 2021 Integrated Design. In *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- _____. (2021). PISA 2021 Mathematics Framework. In *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. O Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Publishing.
- Panji, H. (2014). Pentingnya Konsep Dasar Sains pada Pendidikan Tingkat SD/MI dalam Mengejar Kemajuan Teknologi. *Al-Bidayah*, 6(2), 273-289. <https://doi.org/10.14421/al-bidayah.v6i2.150>
- Pimm, D., & Treagust, D. (2013). Connecting Mathematics in Primary Science Inquiry Projects. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 385-406. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9342-3>
- Pratiwi, I., Solihin, L., Atamadiredja, G., & Utama, B. (2020). *Meningkatkan Kemampuan Literasi Membaca di Kelas Awal*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Pusat Penelitian Kebijakan Pendidikan dan Kebudayaan. (2018). *Optimalisasi Gerakan Literasi Sekolah*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- _____. (2019). *Literasi Dasar: Membangun Fondasi Belajar Siswa*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Rubini, B., Ardianto, D., Pursitasari, I. D., & Permana, I. (2016). Identify Scientific Literacy from the Science Teachers Perspective. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 299-303. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.7689>
- Shaffer, J. F., Ferguson, J., & Denaro, K. (2019). Use of the Test of Scientific Literacy Skills Reveals That Fundamental Literacy is an Important Contributor to Scientific Literacy. *CBE Life Sciences Education*, 18(3), 1-



10. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-12-0238>

- Suaedi. (2016). *Pengantar Filsafat Ilmu*. Bogor: IPB Press.
- Subaidah, T., Muharrami, L. K., Rosidi, I., & Ahied, M. (2019). Analisis Kemampuan Literasi Sains pada Aspek Konteks dan *Knowledge* Menggunakan *Cooperative Problem Solving* (CPS) dengan Strategi Heuristik. *Natural Science Education Reseach*, 2(2), 113-122. <https://doi.org/10.21107/nser.v2i2.6238>
- Suprayitno, T. (2019). *Pendidikan di Indonesia Belajar dari Hasil PISA 2018*. Jakarta: Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Kemendikbud.
- Sutrisna, N. (2021). Analisis Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik SMA di Kota Sungai Penuh. *JIP : Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(12), 2683-2694. <https://doi.org/10.47492/jip.v1i12.530>
- Wartono., Takaria, J., Batlolona, J. R., Grusche, S., Hudha, M. N., & Jayanti, Y. M. (2018). Inquiry-Discovery Empowering High Order Thinking Skills and Scientific Literacy on Substance Pressure Topic. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(2), 139-151. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i2.2629>
- Widowati, A., Anjarsari, P., Zuhdan, K. P., & Dita, A. (2018). Applying Innovative Approach “Nature of Science (NoS) Within Inquiry” for Developing Scientific Literacy in the Student Worksheet. *Journal of Physics: Conference Series*, 983(1), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/983/1/012199>
- Yuliati, Y. (2017). Literasi Sains dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 3(2), 21-28. <http://dx.doi.org/10.31949/jcp.v3i2.592>
- Yuliati, L., Parno., Hapsari, A. A., Nurhidayah, F., & Halim, L. (2018). Building Scientific Literacy and Physics Problem Solving Skills through Inquiry-Based Learning for STEM Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012026>