



Identifying Students' Scientific Literacy Needs: A Foundation for Developing a Problem-Based Global Warming Physics Module

Geby Anita*, Ahmad Amin, & Yaspin Yolanda

Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Silampari, Lubuklinggau, Indonesia

*Corresponding author: gebyanita50@gmail.com

Abstract: *Global warming has become a critical issue that requires younger generations to possess strong scientific literacy. However, various studies indicate that students' understanding of scientific concepts and environmental phenomena remains limited. This pre-development study aims to identify students' initial scientific literacy needs as a foundation for developing a problem-based learning module on global warming. This qualitative research involved 36 tenth-grade students of SMA Negeri 2 Lubuklinggau and employed interviews, observations, and Focus Group Discussions (FGD) with teachers. Data were analyzed using descriptive qualitative techniques, including data reduction, data display, and conclusion drawing, while data validity was ensured through triangulation and member checking. The findings reveal that many students experience difficulties in interpreting scientific data, connecting physics concepts with real environmental phenomena, and drawing evidence-based conclusions. In addition, teachers emphasized the need for interactive and contextually relevant learning modules. These findings highlight the importance of needs analysis as a fundamental step in developing learning modules that not only convey concepts but also enhance students' scientific literacy and scientific thinking skills.*

Keywords: *modules, needs analysis, problem-based learning, science literacy*

Mendeteksi Kebutuhan Literasi Sains Siswa: Fondasi Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Topik Pemanasan Global Berbasis Masalah

Abstrak: Permasalahan pemanasan global menjadi tantangan yang mengharuskan generasi muda memiliki kemampuan literasi sains yang memadai. Namun demikian, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap konsep-konsep ilmiah dan fenomena lingkungan masih belum optimal. Penelitian pra-pengembangan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan awal literasi sains siswa sebagai landasan dalam pengembangan modul pembelajaran berbasis masalah pada materi pemanasan global. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan melibatkan 36 siswa kelas X SMA Negeri 2 Lubuklinggau melalui teknik wawancara, observasi, serta *Focus Group Discussion* (FGD) bersama guru. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan, serta diuji keabsahannya menggunakan triangulasi dan member checking. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menginterpretasikan data ilmiah, menghubungkan konsep fisika dengan fenomena lingkungan nyata, serta menyusun kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Selain itu, guru menilai perlunya bahan ajar yang interaktif dan kontekstual. Temuan ini menegaskan bahwa analisis kebutuhan merupakan tahap penting dalam pengembangan modul agar pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga mampu meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah dan literasi sains siswa.

Kata kunci: *analisis kebutuhan, literasi sains, modul, problem-based learning*

PENDAHULUAN

Dalam konteks pendidikan, literasi sains memiliki peran penting dalam membentuk warga negara yang mampu berpikir rasional dan bertanggung jawab terhadap lingkungan (Degadwala et al., 2025). Peningkatan literasi sains di sekolah menengah menjadi salah satu tujuan utama pembelajaran sains, termasuk fisika, agar siswa dapat memahami konsep-konsep ilmiah secara bermakna dan aplikatif. Literasi sains tidak hanya berkaitan dengan penguasaan pengetahuan ilmiah, tetapi juga mencakup kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah (Kumar et al., 2024; Ma & Chen, 2024), serta kesadaran terhadap implikasi sosial dari sains dan teknologi. Literasi sains memungkinkan peserta didik untuk menghubungkan pengetahuan ilmiah dengan fenomena kehidupan sehari-hari, termasuk isu-isu lingkungan global seperti pemanasan global. Literasi sains merupakan salah satu tolak ukur penting keberhasilan pendidikan di era modern karena berhubungan langsung dengan kemampuan siswa memahami dan memecahkan persoalan kehidupan sehari-hari secara ilmiah (Pan et al., 2025). Individu yang memiliki tingkat literasi sains yang baik akan mampu mengambil keputusan rasional dan bertanggung jawab terhadap berbagai isu sains dan teknologi di masyarakat, seperti persoalan energi, kesehatan, maupun perubahan iklim (Veronica, 2020).

Salah satu faktor penyebab rendahnya literasi sains di Indonesia adalah pola pembelajaran yang masih didominasi oleh pendekatan tradisional. Dalam banyak kasus, proses belajar masih berpusat pada guru (*teacher-centered learning*), di mana guru menjadi sumber utama pengetahuan sementara siswa berperan pasif sebagai penerima informasi. Pembelajaran semacam ini berfokus pada hafalan konsep dan penyampaian materi, bukan pada keterlibatan aktif siswa dalam memahami dan menerapkan konsep ilmiah (Yolanda et al., 2025). Akibatnya, kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi siswa tidak berkembang optimal, padahal ketiga kemampuan tersebut merupakan komponen utama dalam literasi sains abad-21 (Skalka & Przybyła-kasperek, 2025). Oleh sebab itu, dibutuhkan model pembelajaran yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa agar mereka dapat membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar yang bermakna dan kontekstual (Yolanda, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menganalisis kebutuhan literasi sains siswa yang berkaitan dengan isu pemanasan global sebagai dasar dalam pengembangan modul pembelajaran berbasis masalah. Secara umum, penelitian ini berupaya menggambarkan sejauh mana kemampuan literasi sains siswa, khususnya dalam memahami konsep-konsep ilmiah yang relevan dengan fenomena pemanasan global. Lebih lanjut, penelitian ini berfokus mendiagnosis kebutuhan belajar siswa dalam beberapa aspek penting literasi sains, seperti kemampuan memahami konsep, menafsirkan data ilmiah, berpikir kritis, serta membedakan antara fakta dan opini ilmiah (Yolanda et al., 2025). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan menggali pandangan dan pengalaman guru fisika mengenai kondisi literasi sains siswa dan kebutuhan sumber belajar yang relevan serta kontekstual dengan kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi perancangan modul pembelajaran yang tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual siswa, tetapi juga menumbuhkan kemampuan berpikir ilmiah dan kepedulian terhadap isu lingkungan (Hotchkiss et al., 2025).

Peningkatan literasi sains melalui pembelajaran berbasis isu lingkungan dan perubahan iklim menjadi perhatian penting dalam lima tahun terakhir (2020–2025) seiring dengan meningkatnya urgensi permasalahan global terkait perubahan iklim (Oliver & Adkins, 2020). Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pendekatan *Problem-Based Learning* dapat meningkatkan pemahaman konsep. Namun, kajian mendalam terhadap

literatur mutakhir menunjukkan masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian (*research gaps*) yang perlu dijawab. Pertama, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada penerapan modul PBL yang telah jadi (Valiente & Castell, 2025), tanpa melalui tahapan mendalam berupa analisis kebutuhan literasi sains siswa. Akibatnya, banyak modul yang dikembangkan belum sepenuhnya mencerminkan kebutuhan riil siswa maupun karakteristik konteks lokal tempat pembelajaran berlangsung (Alrahlah, 2016). Padahal, analisis kebutuhan merupakan fondasi penting untuk memastikan bahwa pengembangan modul benar-benar relevan, tepat sasaran, dan berpotensi efektif ketika diimplementasikan (Benítez et al., 2025).

Kedua, terdapat keterbatasan instrumen pengukuran literasi sains yang secara khusus menilai pemahaman siswa terhadap isu pemanasan global. Instrumen yang digunakan dalam berbagai penelitian umumnya masih bersifat umum dan belum mencakup kemampuan berpikir ilmiah spesifik seperti menafsirkan data lingkungan, mengevaluasi bukti ilmiah, atau menarik kesimpulan berdasarkan fenomena iklim (Andersen & Rösiö, 2023; Murphy et al., 2025). Kondisi ini menimbulkan kebutuhan akan pengembangan alat ukur yang lebih kontekstual dan sensitif terhadap perubahan kemampuan siswa setelah intervensi pembelajaran (Valiente & Castell, 2025). Ketiga, penelitian terdahulu lebih banyak menyoroti aspek hasil belajar siswa, sedangkan aspek kesiapan guru dan dukungan institusional dalam menerapkan modul berbasis masalah masih jarang dikaji. Padahal, keberhasilan implementasi PBL sangat bergantung pada peran guru sebagai fasilitator pembelajaran dan pada dukungan sekolah dalam penyediaan waktu, sarana, serta lingkungan belajar yang kondusif. Selain itu, sebagian besar studi masih menitikberatkan pada peningkatan pengetahuan atau pemahaman konsep, sementara pengaruh pembelajaran terhadap perubahan sikap dan perilaku peduli lingkungan siswa belum banyak dibuktikan secara empiris (Joshi & Desai, 2020). Padahal, salah satu tujuan utama pendidikan sains modern adalah membentuk individu yang memiliki kesadaran ekologis dan mampu bertindak nyata terhadap isu-isu lingkungan global seperti pemanasan global dan perubahan iklim.

Berdasarkan berbagai kesenjangan tersebut, menghadirkan kebaruan dalam beberapa aspek. Penelitian ini tidak hanya menilai tingkat literasi sains siswa, tetapi juga mendeteksi kebutuhan spesifik yang menjadi dasar perancangan modul berbasis masalah, sehingga pengembangan bahan ajar dilakukan secara berbasis data (*evidence-based design*). Selain itu, penelitian ini berpotensi menghasilkan kontribusi metodologis melalui pengembangan instrumen asesmen literasi sains kontekstual isu pemanasan global, serta kontribusi praktis berupa rekomendasi pengembangan modul yang relevan dengan kebutuhan siswa dan guru. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur tentang penerapan PBL dalam pendidikan sains, tetapi juga menawarkan pendekatan baru yang lebih komprehensif, dimulai dari deteksi kebutuhan hingga fondasi pengembangan bahan ajar yang kontekstual, ilmiah, dan berorientasi pada penguatan literasi sains siswa terhadap isu pemanasan global.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dipahami bahwa literasi sains adalah kompetensi fundamental yang perlu ditumbuhkan pada siswa SMA agar mereka siap menghadapi tantangan global di era digital. Salah satu strategi pembelajaran yang terbukti relevan dan potensial dalam mengembangkan literasi sains adalah PBL. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsep PBL dalam meningkatkan literasi sains siswa SMA. Kajian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi teoretis dan praktis bagi pengembangan model pembelajaran yang efektif, kontekstual, serta sesuai dengan tuntutan abad ke-21. Selain itu, hasil analisis ini dapat menjadi acuan bagi guru dan praktisi

pendidikan dalam merancang pembelajaran sains yang bermakna dan berorientasi pada pengembangan kemampuan ilmiah siswa.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dinilai mampu mengaitkan konsep fisika dengan permasalahan nyata serta mendorong keterlibatan aktif peserta didik adalah PBL. Model ini menempatkan masalah kontekstual sebagai titik awal pembelajaran sehingga peserta didik terdorong untuk menganalisis informasi, mengembangkan penalaran ilmiah, dan merumuskan solusi berbasis bukti. Penelitian menunjukkan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan keterlibatan belajar dan hasil belajar siswa karena menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran (Lovisia & Amin, 2025).

METODE

Penelitian deskriptif kualitatif ini bertujuan mendeteksi dan menggambarkan kebutuhan literasi sains siswa sebagai dasar dalam pengembangan modul PBL pada topik *Pemanasan Global*. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengungkap secara mendalam kondisi aktual kemampuan literasi sains siswa, kesulitan yang dihadapi, serta kebutuhan belajar yang relevan dengan konteks isu lingkungan. Penelitian dilaksanakan dari Februari s.d April tahun ajaran 2025/2026 yang melibatkan 36 siswa kelas X SMA Negeri 2 Kota Lubuklinggau. Adapun indikator yang diukur yakni literasi sains siswa yang mencakup: Kemampuan mengidentifikasi masalah dan bukti ilmiah, Kemampuan menafsirkan dan menganalisis data ilmiah, Kemampuan mengaitkan konsep sains dengan fenomena nyata, dan Kemampuan mengambil keputusan berdasarkan argumen ilmiah (Yolanda et al., 2025).

Adapun Langkah-langkah penelitian yang digunakan adalah studi kebutuhan (*needs assessment*) meliputi tiga tahap utama, 1). Tahap identifikasi masalah, yaitu mengumpulkan informasi tentang kesulitan siswa dalam memahami isu pemanasan global, 2). Tahap analisis kebutuhan, yaitu menganalisis hasil wawancara, angket, dan tes diagnostik literasi sains untuk menemukan aspek yang perlu dikembangkan (Ananda & Fadhli, 2018), dan (3). Tahap formulasi kebutuhan pembelajaran, yaitu menyusun rekomendasi sebagai dasar pengembangan modul pembelajaran berbasis masalah (Anwar, 2009).

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses penelitian, Tabel 1 menyajikan rangkuman metode yang digunakan, mulai dari teknik pengumpulan data, instrumen, prosedur analisis, hingga strategi pemeriksaan keabsahan data. Penyajian ini penting agar pelaksanaan penelitian dapat dipahami secara menyeluruh dan transparan.

Tabel 1. Metodologi Penelitian

Pengumpulan Data	Instrumen	Analisa Data	Keabsahan Data
1. Tes diagnostik literasi sains, untuk mendeteksi kemampuan awal siswa dalam memahami konsep ilmiah, menganalisis data, dan menafsirkan fenomena pemanasan global.	Lembar tes literasi sains, terdiri dari 5 soal uraian berbasis konteks pemanasan global yang mengukur aspek identifikasi masalah, interpretasi data, dan pengambilan keputusan ilmiah.	Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan tahapan sebagai berikut: 1. Reduksi data dari hasil tes, wawancara, dan observasi (Hardani et al., 2020). 2. <i>Display Data</i> , berupa tabel, diagram, dan narasi deskriptif yang menggambarkan profil literasi sains siswa (Supriadi, 2021).	Keabsahan data melalui: 1. Metode Triangulasi yakni membandingkan hasil tes, wawancara, dan observasi. 2. <i>Member checking</i> , dengan meminta konfirmasi dari siswa dan guru terkait hasil interpretasi data.
2. Wawancara mendalam, mencakup wawancara dilakukan terhadap beberapa	Panduan wawancara, berisi daftar pertanyaan terbuka untuk menggali pemahaman dan		

Pengumpulan Data	Instrumen	Analisa Data	Keabsahan Data
siswa dan guru fisika untuk menggali informasi tentang pengalaman belajar, kesulitan, dan kebutuhan mereka dalam memahami isu pemanasan global.	pengalaman siswa dalam belajar sains.	3. Penarikan kesimpulan dan verifikasi, yaitu menentukan kebutuhan utama siswa dan aspek literasi sains yang perlu ditingkatkan sebagai dasar pengembangan modul pembelajaran (Saleh, 2017).	3. FGD, untuk memvalidasi hasil analisis melibatkan pakar yakni guru fisika sekolah.
3. Angket kebutuhan belajar, mencakup angket diberikan kepada siswa untuk mengetahui minat, gaya belajar, serta kebutuhan terhadap bentuk pembelajaran yang menarik dan relevan.	Angket kebutuhan belajar, disusun dalam bentuk skala Likert.		
4. Observasi kelas, yakni observasi digunakan untuk melihat secara langsung bagaimana proses pembelajaran berlangsung dan sejauh mana siswa berpartisipasi aktif dalam kegiatan berbasis sains.	Lembar observasi, digunakan untuk mencatat aktivitas pembelajaran dan partisipasi siswa di kelas.		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi awal didapatkan data awal penelitian yang melibatkan 36 siswa kelas X SMA Negeri 2 Lubuklinggau. Agar kemampuan literasi sains siswa dapat dipetakan secara akurat, penelitian ini menggunakan serangkaian soal diagnostik. Tabel 2 memperlihatkan daftar soal yang dikembangkan berdasarkan indikator literasi sains bertema pemanasan global, sehingga mampu mengungkap kesulitan siswa dalam memahami konsep, menganalisis data, maupun menarik kesimpulan ilmiah.

Tabel 2. Soal Diagnosis Literasi Sains Siswa

Indikator: Siswa mengidentifikasi pertanyaan yang diberikan dampak polusi udara terhadap pemanasan global dengan menelaah argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber. Perhatikan ilustrasi berikut! Di sebuah kota besar, banyak kendaraan bermotor dan mobil sebagai alat transportasi massal menghasilkan asap tebal setiap harinya. Penduduk mulai mengeluhkan gangguan pernapasan dan langit menjadi lebih gelap. Berdasarkan ilustrasi tersebut, analisis dampak polusi udara yang terjadi terhadap pemanasan global! Buatlah Upaya pencegahan untuk mengurangi resiko pemanasan global!				
Indikator: Peserta didik mengidentifikasi asumsi, bukti pemakaian peralatan elektronik untuk ditinjau kembali sebagai upaya penyebab meminimalisir pemanasan global di rumah. Perhatikan tabel konsumsi listrik berikut!				
Peralatan Elektronik	Konsumsi perhari (kWh)	Peralatan Elektronik	Konsumsi perhari (kWh)	Berdasarkan tabel tersebut, alat rumah tangga mana yang paling boros energi? Apa langkah-langkah yang dapat dilakukan agar konsumsi listrik menjadi lebih efisien di rumah Anda?
Kulkas	2,0	Televisi	0,9	
AC	3,5	Setrika	1,5	
Lampu	4,0	Dispenser	3,8	

Indikator: Peserta didik mampu menganalisis informasi Jejak Karbon dari setiap representasi dan menyimpulkan informasi berdasarkan hasil analisa/interpretasi jejak karbon.

Cermati uraian berikut!

Menekan jumlah emisi karbon merupakan langkah krusial dalam menghadapi krisis iklim yang semakin nyata. Dampak dari perubahan iklim antara lain mencakup naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas cuaca ekstrem, serta terganggunya keseimbangan ekosistem di berbagai wilayah. Dengan melakukan upaya pengurangan jejak karbon, kita turut berperan dalam menjaga keberlanjutan bumi bagi kehidupan generasi masa depan. Dari uraian tersebut, Buatlah upaya pencegahan yang dilakukan untuk meminimalisir meningkatnya jumlah karbon secara global!

Indikator: Peserta didik akan mengidentifikasi asumsi dan bukti ilmiah dari teks pemanasan global dan Peserta didik menilai kembali langkah-langkah eksplorasi yang dilakukan.

3 Wilayah dengan Rata-Rata Suhu Tertinggi

1	Nusa Tenggara Timur Suhu Minimum 16,0°C Rata-Rata 29,6°C Suhu Maksimum 37,0°C Diambil dari Stasiun Klimatologi Kupang	2	Banten Suhu Minimum 21,2°C Rata-Rata 29,3°C Suhu Maksimum 35,4°C Diambil dari Stasiun Klimatologi Tangsel	3	Jawa Tengah Suhu Minimum 19,0°C Rata-Rata 29,2°C Suhu Maksimum 36,0°C Diambil dari Stasiun Klimatologi Semarang
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3 Wilayah dengan Rata-Rata Suhu Terendah

1	Jawa Timur Suhu Minimum 14,9°C Rata-Rata 25,1°C Suhu Maksimum 31,5°C Diambil dari Stasiun Klimatologi Malang	2	Jawa Barat Suhu Minimum 19,3°C Rata-Rata 26,2°C Suhu Maksimum 34,2°C Diambil dari Stasiun Klimatologi Bogor	3	Maluku Suhu Minimum 21,8°C Rata-Rata 26,7°C Suhu Maksimum 34,2°C Diambil dari Stasiun Meteorologi Pattimura
----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sumber: BMKG (2023)

Aktivitas 1 (Mengidentifikasi Asumsi dan Bukti Ilmiah)

Berdasarkan data pada gambar, terlihat bahwa rata-rata suhu di Nusa Tenggara Timur mencapai 29,6°C, sedangkan di Jawa Timur hanya 25,1°C.

- Apa asumsi ilmiah yang dapat ditarik dari perbedaan suhu antarwilayah tersebut terkait fenomena pemanasan global?
- Sebutkan bukti ilmiah dari data yang menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan suhu rata-rata di beberapa wilayah Indonesia.

Aktivitas 2 (Menilai Langkah Eksplorasi).

Peneliti ingin mengetahui hubungan antara kenaikan suhu rata-rata dan perubahan pola iklim lokal.

- Menurutmu, data tambahan apa yang perlu dikumpulkan agar hasil eksplorasi lebih valid dan representatif?
- Jelaskan bagaimana langkah eksplorasi yang lebih tepat untuk menilai dampak pemanasan global terhadap perubahan suhu di berbagai daerah Indonesia.

Aktivitas 3 (Aplikasi Kontekstual)

Kaitkan data suhu pada gambar dengan teks ilmiah tentang pemanasan global yang menjelaskan peningkatan suhu bumi rata-rata 0,74°C dalam 100 tahun terakhir. Menurutmu, bagaimana data suhu di Indonesia ini dapat menjadi indikasi lokal dari tren pemanasan global secara global?

Indikator: Peserta didik akan mengidentifikasi asumsi dan bukti ilmiah dari teks Lahan Kering Tandus Memperburuk Pemanasan Global dan Peserta didik menilai kembali langkah-langkah eksplorasi yang dilakukan.

Lahan Kering Tandus Memperburuk Pemanasan Global

Lahan kering dan proses pengurangan juga berkontribusi pada pemanasan global:

Pelepasan Karbon: Vegetasi dan tanah menyimpan karbon dalam jumlah besar. Ketika lahan terdegradasi dan menjadi tandus, tanaman mati dan bahan organik di dalam tanah terurai, melepaskan karbon dioksida CO₂ ke atmosfer. Lahan gambut yang rusak, misalnya, merupakan sumber utama emisi gas rumah kaca global.

Albedo Permukaan: Vegetasi yang lebih sedikit berarti lebih sedikit penyerapan panas matahari. Permukaan tanah yang gersang dan berwarna terang memantulkan lebih banyak sinar matahari kembali ke atmosfer (memiliki albedo yang lebih tinggi) dibandingkan permukaan bervegetasi gelap. Namun, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa di beberapa wilayah, peningkatan CO₂ dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman di lahan kering, yang bisa berdampak kompleks pada albedo dan penyerapan karbon.

Ketidakkampuan Menyerap Air: Tanah yang kering dan padat kehilangan kemampuannya untuk menyerap dan menahan air secara efektif, yang mengubah siklus air lokal dan memperburuk kondisi kekeringan di masa depan.

Apa yang menjadi penyebab utama terjadinya kekeringan dalam konteks perubahan iklim? Jelaskan dua solusi ilmiah yang dapat dilakukan untuk menghadapi masalah kekeringan tersebut!

Hasil pengerjaan instrumen diagnosis kemudian dianalisis untuk mengetahui kemampuan awal siswa. Tabel 3 menampilkan hasil capaian siswa pada tiap indikator literasi sains, sehingga dapat terlihat aspek-aspek yang membutuhkan penguatan lebih lanjut dalam perancangan modul pembelajaran.

Tabel 3. Capaian Awal siswa terkait Literasi Sains Pemanasan Global

Indikator Literasi Sains dalam soal	Soal	Capaian
Indikator: Siswa mengidentifikasi pertanyaan yang diberikan dampak polusi udara terhadap pemanasan global dengan menelaah argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber.	1	80% siswa masih keliru dan kesulitan dalam mengelola sumber ilmiah, dan 20 % siswa mampu menjawab dengan tepat.
Indikator: Peserta didik mengidentifikasi asumsi, bukti pemakaian peralatan elektronik untuk ditinjau kembali sebagai upaya penyebab meminimalisir pemanasan global di rumah.	2	100% siswa kesulitan dalam menghitung efisiensi energi bukti pemakaian peralatan elektronik sebagai upaya penyebab meminimalisir pemanasan global di rumah.
Indikator: Peserta didik mampu menganalisis informasi Jejak Karbon dari setiap representasi dan menyimpulkan informasi berdasarkan hasil analisa/interpretasi jejak karbon.	3	90% siswa masih keliru menganalisis informasi Jejak Karbon berdasarkan hasil infografis dan kesulitan menginterpretasi jejak karbon dan 10 % siswa mampu menjawab dengan tepat.
Indikator: Peserta didik akan mengidentifikasi asumsi dan bukti ilmiah dari teks pemanasan global dan Peserta didik menilai kembali langkah-langkah eksplorasi yang dilakukan.	4	94% siswa siswa belum mampu mengidentifikasi bukti ilmiah dan mengeksplorasi dampak pemanasan global dan 6 % siswa mampu menjawab dengan tepat.
Indikator: Peserta didik akan mengidentifikasi bukti ilmiah dari teks Lahan Kering Tandus Memperburuk Pemanasan Global dan Peserta didik menilai kembali langkah-langkah eksplorasi yang dilakukan.	5	100% siswa siswa belum mampu mengidentifikasi bukti ilmiah bukti ilmiah dari teks Lahan Kering Tandus Memperburuk Pemanasan Global.

Untuk melengkapi data kuantitatif dari hasil tes, wawancara mendalam turut dilakukan. Tabel 4 menyajikan ringkasan pernyataan siswa yang menggambarkan pengalaman dan kesulitan mereka saat menjawab instrumen diagnostik, sehingga memberikan konteks lebih detail mengenai rendahnya literasi sains siswa.

Tabel 4. Cuplikan Wawancara Mendalam

<p>Pertanyaan 1: Berdasarkan soal nomor 1, kamu diminta mengidentifikasi dampak polusi udara terhadap pemanasan global dengan menelaah argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber. Bagaimana menurutmu kesulitannya?</p> <p>S1: Saya agak bingung, Bu, karena sumbernya banyak dan bahasanya berbeda-beda. Saya jadi sulit menentukan mana yang benar atau bisa dipercaya.</p> <p>S2: Saya tahu polusi udara bisa menyebabkan pemanasan global, tapi waktu mencari buktinya, saya tidak tahu harus fokus pada data apa. Jadi jawabannya kurang tepat.</p> <p>S3: Kalau saya baca dari artikel lingkungan, ada penjelasan tentang gas rumah kaca. Saya pakai itu untuk menjawab, jadi saya cukup yakin dengan jawabannya.</p> <p>(Hasil sesuai data: 80% siswa masih keliru, 20% siswa mampu menjawab tepat).</p>	<p>Pertanyaan 2: Soal kedua meminta kamu meninjau kembali penggunaan peralatan elektronik di rumah sebagai upaya meminimalisir pemanasan global. Apa yang membuat kamu kesulitan?</p> <p>S1: Saya tidak tahu cara menghitung efisiensi energi, Bu. Saya kira kalau jarang dipakai, berarti hemat energi, tapi ternyata ada perhitungannya.</p> <p>S2: Saya belum pernah belajar langsung cara menghitung konsumsi energi alat-alat rumah tangga. Jadi saya hanya menebak berdasarkan logika.</p> <p>S3: Saya baru tahu kalau pemakaian alat elektronik juga berpengaruh terhadap pemanasan global. Biasanya saya tidak pernah berpikir ke arah situ.</p> <p>(Sesuai data: 100% siswa kesulitan menghitung efisiensi energi).</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Pertanyaan 3: Pada soal ketiga tentang jejak karbon, kamu diminta menganalisis data dari infografis. Apa pendapatmu? S1: Gambarnya menarik, tapi saya bingung membaca angkanya. Saya tidak tahu bagaimana menghubungkan antara jumlah jejak karbon dan dampaknya. S2: Saya tahu maksudnya, tapi saya kurang paham istilah “jejak karbon” itu sendiri. Jadi waktu menganalisis, saya salah tafsir. S3: Saya coba membaca ulang infografisnya dan menghitung dari data transportasi dan listrik. Dari situ saya bisa simpulkan kalau gaya hidup berpengaruh besar. (Sesuai data: 90% keliru, 10% mampu menganalisis dengan benar).</p>	<p>Pertanyaan 4: Pada soal keempat, kamu diminta mengidentifikasi bukti ilmiah dari teks tentang pemanasan global. Apa yang membuatmu kesulitan? S1: Bahasanya ilmiah sekali, Bu. Saya tidak tahu mana bagian yang termasuk bukti ilmiah dan mana yang hanya pendapat penulis. S2: Saya cenderung membaca cepat tanpa menganalisis isi teks, jadi banyak informasi penting yang terlewat. S3: Saya mencoba mencari kalimat yang mengandung data atau fakta, tapi ternyata tidak semuanya termasuk bukti ilmiah. (Sesuai data: 94% belum mampu mengidentifikasi bukti ilmiah, 6% mampu).</p>
<p>Pertanyaan 5: Pada soal terakhir, teksnya tentang “Lahan Kering Tandus Memperburuk Pemanasan Global”. Apa kesulitan utamamu? S1: Saya tidak paham hubungan antara lahan kering dan pemanasan global. Saya kira itu hanya masalah pertanian, bukan fisika. S2: Saya sulit menemukan bukti ilmiah dalam teksnya karena tidak ada angka atau data yang jelas. S3: Saya belum bisa menilai apakah pernyataan dalam teks itu benar berdasarkan sains, karena saya tidak punya sumber pembanding. (Sesuai data: 100% siswa belum mampu mengidentifikasi bukti ilmiah).</p>	

Keterangan: S3 = siswa berkemampuan tinggi, S2 = siswa berkemampuan sedang, S1 = siswa berkemampuan rendah.

Selain menggali data dari siswa, peneliti juga mengumpulkan pandangan guru melalui diskusi terfokus. Tabel 5 memuat temuan utama hasil FGD, analisis kebutuhan pembelajaran, serta implikasinya terhadap penyusunan modul berbasis masalah, sehingga memberikan dasar yang kuat dalam perancangan bahan ajar yang relevan dengan kondisi lapangan.

Tabel 5. Hasil Diskusi FGD dengan Guru Fisika tentang Analisis Kebutuhan

Aspek yang Didiskusikan	Temuan FGD	Analisis Kebutuhan	Implikasi terhadap Pengembangan Modul
1. Pemahaman Konsep Sains	Guru menyatakan bahwa sebagian besar siswa hanya menghafal konsep tanpa memahami penerapannya dalam kehidupan nyata.	Diperlukan kegiatan pembelajaran yang mengaitkan konsep fisika terhadap masalah global (jejak karbon, efek rumah kaca, perpindahan panas) dengan fenomena pemanasan global.	Modul perlu memuat konteks masalah nyata dan eksperimen sederhana yang mengaitkan konsep fisika dengan isu lingkungan.
2. Kemampuan Menafsirkan Data dan Grafik	Siswa mengalami kesulitan membaca grafik perubahan suhu global dan data emisi karbon.	Diperlukan latihan interpretasi data ilmiah dan visualisasi ilmiah dalam konteks lingkungan.	Modul harus menyediakan kegiatan analisis grafik dan tabel berbasis data aktual dari sumber terpercaya.
3. Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah	Guru mengungkapkan bahwa siswa cenderung pasif dan jarang diajak berpikir kritis terhadap isu lingkungan.	Diperlukan pendekatan pembelajaran berbasis masalah (<i>Problem Based Learning</i>) untuk menumbuhkan kemampuan analitis.	Modul dirancang berbasis masalah autentik seperti peningkatan suhu lokal, penggunaan energi di sekolah, atau pengelolaan sampah.

Aspek yang Didiskusikan	Temuan FGD	Analisis Kebutuhan	Implikasi terhadap Pengembangan Modul
4. Literasi Informasi dan Sumber Ilmiah	Siswa kesulitan membedakan antara opini dan fakta ilmiah dalam artikel atau media sosial.	Perlu penguatan kemampuan evaluasi informasi dan sumber ilmiah.	Modul sebaiknya menyertakan aktivitas literasi informasi seperti analisis berita ilmiah dan validasi sumber.
5. Sikap Ilmiah dan Kepedulian Lingkungan	Guru menilai kepedulian siswa terhadap isu pemanasan global masih rendah karena belum merasa memiliki keterlibatan langsung.	Diperlukan kegiatan yang menumbuhkan kesadaran dan tanggung jawab terhadap lingkungan.	Modul dapat menyertakan proyek aksi sederhana, seperti audit energi di sekolah atau kampanye pengurangan emisi karbon.
6. Media dan Sumber Belajar yang Digunakan	Guru biasanya menggunakan buku teks tanpa konteks lokal atau isu aktual.	Diperlukan sumber belajar yang relevan dengan kehidupan siswa.	Modul perlu diintegrasikan fenomena lokal (misal: jejak karbon di sekolah, jejak karbon di rumah).
7. Penilaian Literasi Sains	Selama ini hanya menuntaskan materi bukan literasi siswa terhadap materi.	Perlu instrumen penilaian literasi sains dan refleksi siswa.	Modul harus dilengkapi dengan rubrik penilaian literasi sains dengan berbasis kinerja dan refleksi ilmiah.

Pemanasan global yang dijabarkan dalam tabel 2 menunjukkan bahwa merupakan salah satu topik fisika yang sangat relevan untuk menumbuhkan literasi sains siswa. Fenomena ini berkaitan langsung dengan konsep energi, efek rumah kaca, radiasi termal, dan keseimbangan energi bumi. Menurut (Demirel, 2015; Oliver & Adkins, 2020) pembelajaran isu-isu lingkungan seperti pemanasan global dapat meningkatkan motivasi belajar siswa karena mereka merasa terlibat dengan permasalahan nyata yang berdampak pada kehidupan mereka (Hotchkiss et al., 2025). Model pembelajaran berbasis masalah sangat cocok untuk mengembangkan literasi sains karena mendorong siswa berpikir kritis, berargumentasi ilmiah, dan menerapkan konsep fisika untuk menyelesaikan persoalan (Guan et al., 2025). Dengan demikian, integrasi literasi sains dalam pembelajaran fisika pada materi pemanasan global tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga membentuk sikap ilmiah dan kesadaran lingkungan siswa (Castro et al., 2025).

Berdasarkan hasil tabel 3, analisis capaian awal siswa terhadap indikator literasi sains pada topik *Pemanasan Global*, diperoleh siswa masih mengalami kesulitan dalam menafsirkan, dan menganalisis konsep-konsep ilmiah yang berkaitan dengan isu lingkungan tersebut. Pada indikator pertama, yaitu kemampuan siswa mengidentifikasi pertanyaan tentang dampak polusi udara terhadap pemanasan global dengan menelaah argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber, sebanyak 80% siswa masih keliru dan kesulitan dalam mengelola sumber ilmiah, sementara hanya 20% siswa mampu menjawab dengan tepat, hal ini sejalan dengan pendapat (Atias & Mawasi, 2025; Yolanda, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa belum terampil dalam mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah secara kritis (Andersen & Rösiö, 2023). Selanjutnya, pada indikator kedua yang menuntut kemampuan siswa dalam mengidentifikasi asumsi dan bukti pemakaian peralatan elektronik sebagai upaya meminimalisir pemanasan global di rumah, terlihat bahwa 100% siswa mengalami kesulitan dalam menghitung efisiensi energi dan mengaitkannya dengan pengurangan dampak pemanasan global (Degadwala et al., 2025; Swandi et al., 2024). Ini menandakan lemahnya kemampuan siswa dalam menerapkan konsep ilmiah ke konteks kehidupan sehari-hari. Indikator ketiga menilai

kemampuan siswa menganalisis informasi jejak karbon dari berbagai representasi dan menyimpulkan hasil interpretasi. Hasilnya menunjukkan bahwa 90% siswa masih keliru dan kesulitan menginterpretasikan data jejak karbon, sementara hanya 10% siswa mampu menjawab dengan tepat. Kondisi ini memperlihatkan rendahnya kemampuan analisis data kuantitatif dan interpretasi visual ilmiah siswa, hal ini sejalan dengan penelitian (Joshi & Desai, 2020; Marini et al., 2025).

Pada indikator keempat, yang berfokus pada kemampuan mengidentifikasi asumsi dan bukti ilmiah dari teks tentang pemanasan global serta menilai langkah-langkah eksplorasi ilmiah, sebanyak 94% siswa belum mampu melakukannya, dan hanya 6% siswa yang benar. Hal ini menunjukkan rendahnya keterampilan berpikir reflektif dan evaluatif terhadap informasi ilmiah tertulis. Terakhir, pada indikator kelima yang menilai kemampuan mengidentifikasi bukti ilmiah dari teks “Lahan Kering Tandus Memperburuk Pemanasan Global”, seluruh siswa (100%) belum mampu menemukan dan menilai bukti ilmiah dalam teks tersebut. Temuan ini memperlihatkan bahwa kemampuan membaca dan menafsirkan teks ilmiah siswa masih sangat rendah. Secara keseluruhan, capaian awal siswa dalam literasi sains pada topik *Pemanasan Global* masih tergolong rendah. Siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan menafsirkan bukti ilmiah, menganalisis data kuantitatif, serta mengaitkan konsep fisika dengan fenomena lingkungan nyata (Bai et al., 2017; Liu & Pasztor, 2022). Hasil ini mengindikasikan perlunya penguatan pembelajaran berbasis literasi sains yang menekankan pada analisis bukti ilmiah, interpretasi data, dan penerapan konsep dalam konteks kehidupan sehari-hari untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap isu-isu lingkungan global seperti pemanasan global (Benítez-Chavira et al., 2025; Degadwala et al., 2025).

Berdasarkan hasil wawancara dalam tabel 4 yang dilakukan dengan beberapa siswa setelah pelaksanaan asesmen awal, diperoleh siswa masih mengalami kesulitan menerapkan literasi sains pada konteks materi pemanasan global. Kesulitan tersebut terlihat pada beberapa aspek utama, yaitu dalam mengevaluasi serta menafsirkan sumber ilmiah, mengaitkan konsep-konsep fisika dengan fenomena lingkungan nyata, menganalisis data kuantitatif seperti efisiensi energi dan jejak karbon, serta membedakan antara opini dan bukti ilmiah yang terdapat dalam teks bacaan ilmiah (Benítez-Chavira et al., 2025; Valiente & Castell, 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa literasi sains siswa sangat rendah. Siswa cenderung mampu mengenali fenomena secara umum, tetapi belum dapat mengaitkannya secara mendalam dengan prinsip-prinsip ilmiah yang mendasari. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih kontekstual dan menantang, seperti penggunaan modul pembelajaran berbasis masalah (PBL), agar siswa dapat terlibat secara aktif dalam mengamati, menganalisis, dan memecahkan masalah nyata yang berhubungan dengan isu pemanasan global. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah (Drago & Mih, 2015; Sartika & Lutfin, 2025), menumbuhkan kesadaran lingkungan, serta memperkuat literasi sains siswa secara menyeluruh.

Berdasarkan tabel 5, dari hasil diskusi FGD dengan guru fisika, diketahui bahwa kebutuhan utama literasi sains siswa meliputi peningkatan pemahaman konseptual, kemampuan analisis data, berpikir kritis, dan literasi informasi yang kontekstual (Valiente & Castell, 2025; Veronica, 2020). Guru juga membutuhkan modul pembelajaran berbasis masalah yang relevan dengan isu pemanasan global untuk menumbuhkan kesadaran ilmiah dan sikap peduli lingkungan pada siswa (Udompong, 2014; Yusal et al., 2023).

Salah satu pendekatan yang relevan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah PBL. Model PBL dirancang berdasarkan ide bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika siswa belajar melalui pemecahan masalah nyata (*real-world problems*) yang dekat dengan

kehidupan mereka (Murphy et al., 2025). Dalam PBL, siswa berperan aktif sebagai peneliti atau pemecah masalah (Karttunen et al., 2025), sedangkan guru bertindak sebagai fasilitator yang membimbing proses pencarian dan pengolahan informasi (Valiente & Castell, 2025). Melalui tahapan-tahapan pembelajaran PBL mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan informasi, pengembangan hipotesis, investigasi, hingga penyajian hasil siswa diberi kesempatan untuk menerapkan konsep sains secara langsung dalam konteks kehidupan sehari-hari (Benítez-Chavira et al., 2025). Ciri khas PBL tidak hanya terletak pada hasil akhir berupa solusi yang dihasilkan, tetapi juga pada proses berpikir ilmiah yang dijalani siswa selama pembelajaran berlangsung. Dalam kegiatan seperti diskusi kelompok, eksperimen, observasi, dan refleksi, siswa diajak untuk menghubungkan teori yang mereka pelajari dengan realitas di lapangan (Bai et al., 2017). Pendekatan ini sejalan dengan esensi literasi sains yang menekankan pemahaman terhadap proses ilmiah serta penerapannya dalam kehidupan nyata, bukan sekadar penguasaan teori atau rumus matematis. Dengan demikian, penerapan model PBL berpotensi besar dalam meningkatkan literasi sains siswa, sebab model ini mendorong siswa berpikir analitis, logis, sistematis, dan berbasis bukti ilmiah (Alrahlah, 2016).

Berbagai hasil penelitian terbaru turut memperkuat efektivitas model PBL terhadap peningkatan kemampuan literasi sains siswa. Penelitian yang dilakukan oleh (Andersen et al., 2023; Andersen & Rösiö, 2023; Joshi & Desai, 2020) penggunaan PBL berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir ilmiah dan pemahaman konsep sains. Temuan serupa diungkapkan oleh (Ken et al., 2023; Liu & Pasztor, 2022) yang menyatakan bahwa penerapan PBL dapat meningkatkan literasi sains sekaligus menumbuhkan rasa ingin tahu, motivasi belajar, serta keterampilan kerja sama antarsiswa. Model PBL ini berperan penting dalam memperkuat kemampuan penalaran ilmiah dan pemahaman konseptual siswa SMA (Arjanto & Aditama, 2025). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa PBL merupakan model pembelajaran yang sejalan dengan prinsip *student-centered learning* yang diterapkan dalam kurikulum merdeka dan efektif dalam membangun kemampuan literasi sains secara berkelanjutan (NG et al., 2025).

Pendekatan PBL memiliki berbagai keunggulan yang relevan dalam upaya meningkatkan literasi sains siswa, terutama pada pembelajaran yang mengangkat isu pemanasan global. Melalui PBL, siswa tidak hanya diarahkan untuk memahami konsep-konsep sains secara teoritis (Veronica, 2020), tetapi juga dilatih untuk menerapkan pengetahuan tersebut dalam pemecahan masalah nyata yang terjadi di lingkungan sehari-hari (Techakosit & Wannapiroon, 2015). Dengan cara ini, PBL mampu mengembangkan literasi sains secara menyeluruh, meliputi aspek pengetahuan ilmiah, kemampuan berpikir ilmiah, serta penerapan konsep sains dalam konteks sosial dan lingkungan. Selain itu, PBL menstimulasi siswa untuk melalui proses identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis informasi, hingga penarikan kesimpulan berbasis bukti (Reiska et al., 2015). Siswa juga menjadi lebih aktif dan termotivasi, karena permasalahan yang dikaji bersifat nyata dan relevan dengan kehidupan mereka, seperti isu pemanasan global (Bewersdorff et al., 2025; Xu et al., 2025).

Pendekatan ini juga berperan penting dalam membangun sikap ilmiah serta kepedulian terhadap lingkungan. Melalui aktivitas pemecahan masalah yang berkaitan dengan isu-isu global, siswa dilatih untuk bersikap objektif (Berndt et al., 2021), peka terhadap perubahan lingkungan, dan bertanggung jawab terhadap solusi yang mereka rumuskan. Selain itu, penerapan PBL mendorong kerja sama dalam kelompok, sehingga siswa dapat mengembangkan kemampuan berkolaborasi dan berkomunikasi secara ilmiah. Secara keseluruhan, keunggulan PBL dalam pembelajaran isu pemanasan global terletak pada kemampuannya mengaitkan konsep sains dengan fenomena nyata (Romanova et al., 2024),

meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah (Mashami, 2025), serta menumbuhkan kesadaran lingkungan. Dengan demikian, PBL dapat dianggap sebagai pendekatan yang efektif untuk memperkuat literasi sains siswa di era modern (Mashami, 2025; Yolanda, 2020).

Selain itu, temuan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi sekolah dalam merancang program penguatan literasi sains serta mengintegrasikan isu-isu global, khususnya pemanasan global, ke dalam kurikulum Fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya tingkat literasi sains siswa menuntut adanya perubahan paradigma pembelajaran, dari yang bersifat teoritis dan berpusat pada guru menuju pembelajaran yang berbasis masalah. Pendekatan tersebut mendorong siswa untuk berpikir kritis, menafsirkan data, serta mengaitkan konsep fisika dengan fenomena nyata seperti pemanasan global. Sementara secara teoretis, penelitian ini turut berkontribusi terhadap pengembangan model pembelajaran abad ke-21, dimana literasi sains tidak hanya dipandang sebagai kemampuan akademik, melainkan juga sebagai kecakapan hidup esensial untuk menghadapi berbagai tantangan global, termasuk perubahan lingkungan dan iklim, hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya benar adanya (Guan et al., 2025; Oliver & Adkins, 2020; Yolanda et al., 2025).

SIMPULAN DAN SARAN

Siswa menunjukkan kesulitan dalam mengaitkan konsep fisika dengan permasalahan lingkungan nyata, seperti efek rumah kaca, emisi karbon, dan efisiensi energi. Hasil wawancara, observasi, dan diskusi dengan guru menunjukkan bahwa pembelajaran yang berlangsung masih dominan bersifat teoritis dan kurang mengaitkan konteks kehidupan nyata serta isu-isu global. Selain itu, berdasarkan hasil observasi, bahan ajar yang digunakan belum sepenuhnya terintegrasi literasi sains. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tingkat literasi sains siswa pada topik pemanasan global masih berada pada kategori rendah, terutama pada aspek menjelaskan fenomena ilmiah, menafsirkan data dan bukti ilmiah, serta menarik kesimpulan berbasis bukti. Oleh karena itu, hasil FGD merekomendasikan diperlukan pengembangan modul pembelajaran berbasis masalah dengan konteks isu pemanasan global sebagai sarana untuk meningkatkan literasi sains siswa. Modul ini diharapkan mampu mendorong keterlibatan aktif, mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah, serta menumbuhkan kepedulian terhadap lingkungan dan isu-isu global yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu belum dilakukannya pengujian terhadap efektivitas penerapan pembelajaran tertentu, keterlibatan subjek yang masih terbatas pada satu sekolah, serta penggunaan instrumen yang berfokus pada aspek kognitif literasi sains. Dengan demikian, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan dan menerapkan modul pembelajaran berbasis masalah pada topik pemanasan global, melibatkan sampel yang lebih luas, serta menggunakan instrumen penilaian yang mencakup aspek kognitif, afektif, dan keterampilan proses sains agar diperoleh pemahaman literasi sains siswa yang lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrahlah, A. (2016). How Effective The Problem-Based Learning (PBL) in Dental Education. A Critical Review. *The Saudi Dental Journal*, 28(4), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2016.08.003>
- Ananda, R., & Fadhli, M. (2018). *Statistik Pendidikan*. Widya Puspita.
- Andersen, A., Brunoe, T. D., & Nielsen, K. (2023). Engineering Education in Changeable and Reconfigurable Manufacturing : Using Problem-Based Learning in a Learning

- Factory Environment. *Procedia CIRP*, 81(March), 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.002>
- Andersen, A., & Rösiö, C. (2023). Continuing Engineering Education (CEE) in Changeable and Reconfigurable Manufacturing using Problem-Based Learning (PBL). *Procedia CIRP*, 104(March), 1035–1040. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.174>
- Anwar, A. (2009). *Statistika Untuk Penelitian Pendidikan*. IAIT Press.
- Arjanto, P., & Aditama, M. H. R. (2025). Integrating Problem-Based And Team-Based Learning : A Hybrid Approach for Advancing Medical Education Pedagogy. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 20(1), 107–108. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2025.02.002>
- Atias, O., & Mawasi, A. (2025). Conceptualizing AI Literacies for Children and Youth: A Systematic Review on The Design of AI Literacy Educational Programs Osnat. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100491. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100491>
- Bai, X., Zhang, X., Wang, X., Lu, L., Liu, Q., & Zhou, Q. (2017). Follow-up Assessment of Problem-Based Learning in Dental Alveolar Surgery Education : A Pilot Trial. *International Dental Journal 2017;*, 67, 180–185. <https://doi.org/10.1111/idj.12275>
- Benítez-Chavira, L. A., Zárate-Grajales, R. A., & Moreno-Monsiváis, M. G. (2025). Impact of Problem-Based Learning on The Development of Nursing Care Management Skills. *Teaching and Learning in Nursing*, 21(1), e70-e75. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2025.08.001>
- Berndt, M., Schmidt, F. M., Sailer, M., Fischer, F., Fischer, M. R., & Zottmann, J. M. (2021). Investigating Statistical Literacy And Scientific Reasoning & Argumentation in Medical, Social Sciences, and Economics Students. *Learning and Individual Differences*, 86, 101963. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2020.101963>
- Bewersdorff, A., Nerdel, C., & Zhai, X. (2025). Computers and Education : Artificial Intelligence How AI Literacy Correlates With Affective , Behavioral , Cognitive and Contextual Variables: A Systematic Review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 9(May), 100493. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100493>
- Castro, J., Araújo, D., Saraiva, E., Almeida, C., & Manuel, M. (2025). Students ' Summer Internships in a Research Centre: The impact on Scientific Literacy and The Choice of a Career in The STEM Fields. *Heliyon*, 11, e42472. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42472>
- Degadwala, S., Solanki, J., Parmar, M. N., & Vyas, D. (2025). Education Literacy Rate Forecasting Using Ensemble Models. *Procedia Computer Science*, 252, 519–528. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.011>
- Demirel, M. (2015). Prospective Science and Primary School Teachers ' Self -efficacy Beliefs in Scientific Literacy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 1903–1908. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.500>
- Drago, V., & Mih, V. (2015). Scientific Literacy in School. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 209(July), 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.273>
- Guan, D., Zhang, S., Sun, J., & He, E. (2025). How to Breakthrough Disparities in Scientific Literacy of Different Family Background: The Mediating Role of Self-Directed Learning Efficacy and The Moderating Role of Family Support. *Acta Psychologica*, 261(June), 105817. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105817>
- Hardani, Andriani, H., Ustiawaty, J., & Utami, E. F. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Pustaka Ilmu Group.

- Hotchkiss, E. R., Jha, M. K., Marston, L. T., Pérez-Rivera, K. X., Bhandari, S., Biswas, G., ... Xia, K. (2025). Integrating Data Science Into Undergraduate Science and Engineering Courses: Lessons Learned by Instructors in a Multiuniversity Research–Practice Partnership. *IEEE Transactions on Education*, 68(1), 1–12. <https://doi.org/10.1109/TE.2024.3436041>
- Joshi, A., & Desai, P. (2020). Learning Analytics Framework for Measuring Students' Performance and Teachers' Involvement Through Problem-Based Learning in Engineering. *Procedia Computer Science*, 172, 954–959. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.138>
- Karttunen, E., Pesu, J., & Immonen, M. (2025). Cross-Disciplinary Perspectives on Problem-Based Learning Approach in Public Procurement in The European Union. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 31(2), 100992. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2025.100992>
- Ken, M. R., Tannenbaum, A. P., Hess, A. S., & Rose, W. N. (2023). Fundamentals of Blood Banking in Anesthesiology: A Problem-Based Learning Simulation Session as An Addition to A Novel Curriculum of Transfusion Medicine Education for Anesthesiology Residents Meaghan. *Academic Pathology Journal*, 3(March), 0–2. <https://doi.org/10.1016/j.acpath.2023.100089>
- Kumar, V., Choudhary, S. K., & Singh, R. (2024). Environmental Socio-Scientific Issues as Contexts in Developing Scientific Literacy in Science Education: A Systematic Literature Review. *Social Sciences and Humanities Open*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100765>
- Liu, Y., & Pasztor, A. (2022). Effects of Problem-Based Learning Instructional Intervention on Critical Thinking in Higher Education: A Meta-Analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 45(May). <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069>
- Lovisia, E., & Amin, A. (2025). The Effectiveness of the Problem-Based Learning (PBL) Model on Improving Students' Physics Learning Outcomes at SMPN 3 Lubuklinggau: A Quasi-Experimental Study. *Jurnal Perspektif Pendidikan*, 19(1), 154–159. <https://doi.org/10.31540/jpp.v19i1.3644>
- Ma, S., & Chen, Z. (2024). The Development and Validation of the Artificial Intelligence Literacy Scale for Chinese College Students (AILS-CCS). *IEEE Access*, 12(August), 146419–146429. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3468378>
- Marini, A., Hardam, R., & Marfu, A. (2025). Smart Education for A Sustainable Future: Integrating IoT and Big Data in Sustainability-Based Learning. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11(4), 100638. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100638>
- Mashami, R. A. (2025). Green Chemistry and Cultural Wisdom : A Pathway to Improving Scientific Literacy Among High School Students. *Social Sciences & Humanities Open*, 11(June), 101653. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101653>
- Murphy, C., Connell, S., Gantley, M., & Barrett, T. (2025). Nurse Education in Practice Students' Perspectives on the Congruence and Effectiveness of a Problem-Based Learning Approach to: A Mixed Method Study. *Nurse Education in Practice*, 84(January), 104298. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104298>
- NG, E. K. L. (2025). Effects of Flipped Team-Based Learning on Nursing Students' Perceptions of Clinical Decision-Making in A Health Promotion and Education Course. *Teaching and Learning in Nursing*, 21(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2025.08.022>
- Oliver, M. C., & Adkins, M. J. (2020). Energy Research & Social Science “ Hot-headed ” Students? Scientific literacy, Perceptions, and Awareness of Climate Change in 15-

- Year Olds Across 54 Countries. *Energy Research & Social Science*, 70(June), 101641. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101641>
- Pan, L., Luo, H., & Gu, Q. (2025). Incorporating AI Literacy and AI Anxiety Into TAM : Unraveling Chinese Scholars' Behavioral Intentions Toward Adopting AI-Assisted Literature Reading. *IEEE Access*, 13(March), 38952–38963. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3546572>
- Reiska, P., Soika, K., Möllits, A., Rannikmäe, M., & Soobard, R. (2015). Using Concept Mapping Method for Assessing Students' Scientific Literacy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 177(July 2014), 352–357. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.357>
- Romanova, A., Rubinelli, S., & Diviani, N. (2024). Patient Education and Counseling Improving Health And Scientific Literacy in Disadvantaged Groups : A Scoping Review of Interventions. *Patient Education and Counseling*, 122(December 2023), 108168. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2024.108168>
- Saleh, S. (2017). *Analisis Data Kualitatif*. Pustaka Ramadhan.
- Sartika, D., & Lutfin, N. A. (2025). The Development of Digital Media Based on Mandar Local Culture to Enhance Curiosity and Scientific Literacy of Physics Candidates. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 8(1), 71–83. <https://doi.org/10.37891/kpej.v8i1.776>
- Skalka, J. Á. N., & Przybyła-kasperek, M. (2025). Artificial Intelligence Literacy Structure and the Factors Influencing Student Attitudes and Readiness in Central Europe Universities. *IEEE Access*, 13(May). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3573575>
- Supriadi, G. (2021). *Statistik Penelitian Pendidikan*. UNY Press.
- Swandi, A., Viridi, S., Rahmadhanningsih, S., Magdalena, I., & Barat, H. (2024). Implementation of Project-Based Science Learning to Improve Literacy of School Managers About New Renewable Energy in West Halmahera. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(2), 280–288. <https://doi.org/10.37891/kpej.v7i2.575>
- Techakosit, S., & Wannapiroon, P. (2015). Connectivism Learning Environment in Augmented Reality Science Laboratory to Enhance Scientific Literacy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174(2), 2108–2115. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.009>
- Udompong, L. (2014). Causal Model of Research Competency via Scientific Literacy of Teacher and Student. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 1581–1586. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.438>
- Valiente, J. D. . B., & Castell, O. G. (2025). Education for Chemical Engineers ChEngBoost : Vitaminised and Gamified Problem-Based Learning of Chemical Engineering Bases in Biotechnology. *Education for Chemical Engineers*, 53(March), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2025.07.006>
- Veronica, R. (2020). Promoting Sustainable Behavior Using Serious Games : SeAdventure for Ocean Literacy. *IEEE Access*, 8, 196931–196939. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3034438>
- Xu, B., Ma, X., Zhang, Y., & Wu, X. (2025). How Does Mathematical Literacy Affect Creative Thinking? Independent Effects and Differential Impacts Across Proficiency Groups. *Acta Psychologica*, 260(May), 105509. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105509>
- Yolanda, Y. (2020). Development of Contextual-Based Teaching Materials in The Course of Magnetic Electricity. *Thabiea: Journal of Natural Science Teaching*, 3(1), 59–69. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21043/thabiea.v3i1.6616>

- Yolanda, Y., Arini, W., Fauziah, A., Effendi, E., & Pribadi, I. A. (2025). Artificial Intelligence Assisted Renewable Energy Case Based Learning Integrated with Science Process Skills and Digital Literacy. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 9(2), 405–428. <https://doi.org/10.36312/e-saintika.v9i2.3050>
- Yolanda, Y., Arini, W., Pribadi, I. A., & Setiawan, T. (2025). High Efficiency, Low Emissions And High Power: IoT Based Biomass Stove Fueled By Corn Cob and Coconut Shell for Sustainable Renewable Energy. *International Journal of Environmental Sciences* 23s, 11(23s), 5329–5343. <https://doi.org/https://doi.org/10.64252/apvsya80>
- Yusal, Y., Nurazmi, N., & Harnipa, H. (2023). Application of Problem Based Learning to Enhance Students' Problem Solving Ability in Static Fluid. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 6(2), 98–106. <https://doi.org/10.37891/kpej.v6i2.461>