



Analisis Kognitif Siswa Berdasarkan Kerangka Formulate Employ Interpret pada Soal PISA Level 4

Husnul Khotimah^{1*}, Mulianah², Abdul Rahman³, Bernard³

¹ Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Balikpapan, Balikpapan

² Mahasiswa Pendidikan Matematika, Pascasarjana, Universitas Negeri Makassar, Makassar

³ Pendidikan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Makassar, Makassar

husnul.khotimah@uniba-bpn.ac.id

Abstract

This study aims to analyze students' difficulties in solving PISA Level 4 equivalent mathematical literacy tasks based on the Formulate, Employ, and Interpret (FEI) processes and to identify scaffolding implications at each stage. A descriptive design with quantitative and qualitative approaches was employed involving 28 ninth-grade junior high school students who worked on four PISA Level 4 equivalent tasks. Quantitative analysis was used to map students' achievement profiles across the FEI processes, while qualitative analysis examined selected students' written solution traces. The results indicate that students' difficulties were most prominent at the formulate stage, as reflected in incomplete mathematical representations, although some students were able to carry out procedures (employ) and obtain correct final answers. Procedural errors and conceptual misconceptions persisted at the employ stage, whereas at the interpret stage students tended to stop at numerical results without adequately relating them to the problem context. These findings suggest that the FEI processes are interconnected and conceptually hierarchical, although they are not always explicitly articulated in students' written responses, and provide a basis for future action-oriented research aimed at improving instruction and students' performance in PISA assessments.

Keywords: mathematical literacy, PISA Level 4, formulate, employ, interpret, scaffolding

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis kendala siswa dalam menyelesaikan soal literasi matematika setara PISA Level 4 berdasarkan proses Formulate, Employ, dan Interpret (FEI), serta mengidentifikasi implikasi scaffolding pada setiap proses. Penelitian menggunakan desain deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif terhadap 28 siswa kelas IX SMP yang mengerjakan empat butir soal setara PISA Level 4. Analisis kuantitatif digunakan untuk memetakan profil capaian siswa pada setiap proses FEI, sedangkan analisis kualitatif dilakukan melalui kajian jejak solusi tertulis siswa terpilih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kendala paling dominan terjadi pada tahap formulate, ditandai oleh ketidaklengkapan representasi matematis, meskipun sebagian siswa mampu menjalankan prosedur (employ) dan memperoleh jawaban akhir yang benar. Kesalahan prosedural dan miskonsepsi konsep masih ditemukan pada tahap employ, sementara pada tahap interpret siswa cenderung berhenti pada jawaban numerik tanpa mengaitkannya dengan konteks permasalahan. Temuan ini menegaskan bahwa proses FEI saling terkait dan secara konseptual berjenjang, meskipun tidak selalu tampak eksplisit dalam jawaban tertulis siswa, serta memberikan dasar bagi penelitian lanjutan berbasis tindakan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan kinerja siswa pada asesmen PISA.

Kata kunci: literasi matematika, PISA Level 4, Formulate Employ Interpret, scaffolding

1. PENDAHULUAN

Programme for International Student Assessment (PISA) telah menjadi rujukan lintas negara dalam menilai kualitas pendidikan, khususnya kemampuan literasi matematika siswa usia 15 tahun. Dalam kerangka PISA 2022, literasi matematika didefinisikan sebagai kapasitas untuk bernalar matematis serta memformulasikan, menggunakan, dan menginterpretasikan matematika untuk memecahkan masalah dalam berbagai konteks dunia nyata. Definisi ini menekankan keterpaduan konsep, prosedur, fakta, dan alat matematika dalam menjelaskan serta memprediksi fenomena, sehingga individu mampu mengambil keputusan yang beralasan dalam kehidupan abad ke-21 (OECD, 2023). PISA menegaskan bahwa tiga proses inti yaitu *formulate*, *employ*, dan *interpret* (FEI) menjadi dasar pelaporan performa siswa, dengan butir soal yang dikelompokkan ke dalam empat konten matematika (*quantity*; *uncertainty & data*; *change & relationships*; *space & shape*) dan beragam konteks kehidupan.

Sejumlah penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa performa literasi matematika siswa masih menghadapi tantangan. Ringkasan hasil PISA 2002–2018 menempatkan Indonesia pada kelompok peringkat bawah, dengan capaian tahun 2018 berada pada peringkat 73 dari 79 negara. Konten *change and relationships*, yang menuntut kemampuan pemodelan dan interpretasi fenomena sehari-hari, menjadi salah satu area dengan capaian rendah dibandingkan rata-rata OECD (379 vs 489). Faktor-faktor yang sering diidentifikasi meliputi rendahnya pembiasaan siswa terhadap masalah kontekstual non-rutin, dominasi latihan prosedural tingkat rendah dalam praktik kelas, serta keterbatasan sumber belajar kontekstual (Farida et al., 2021). Studi empiris lain juga menunjukkan adanya kesenjangan antartahap FEI: siswa berkemampuan tinggi dan sedang sering belum memenuhi indikator *interpret*, sementara siswa berkemampuan rendah umumnya hanya mencapai *formulate* dan sebagian *employ* (Rachmah et al., 2023). Bahkan, temuan Hamidy & Jailani (2019) menegaskan bahwa tahap *interpret* kerap menjadi *bottleneck* utama, meskipun pada sekolah kategori tinggi aspek *formulate* dapat melampaui rata-rata OECD.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji literasi matematika menggunakan kerangka FEI, sebagian besar masih berfokus pada pemetaan capaian umum atau perbandingan tingkat kemampuan siswa, belum secara mendalam mengintegrasikan analisis deskriptif-kuantitatif dan kualitatif berbasis jejak solusi siswa pada level kesulitan tertentu. Padahal, secara konseptual, kerangka FEI selaras dengan PISA 2022 yang menempatkan siklus pemodelan (*formulate*, *employ*, *interpret*, dan *evaluate*) sebagai poros utama, dengan penegasan bahwa setiap proses dapat menjadi sumber tantangan tersendiri (Golla & Reyes, 2022). Kerangka ini juga koheren dengan standar proses NCTM dan tujuh kompetensi literasi matematika, sehingga berpotensi digunakan untuk mengidentifikasi kesulitan spesifik siswa secara lebih presisi (Qadry et al., 2022). Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam hal pemetaan kendala

siswa secara terperinci pada setiap proses FEI, khususnya pada soal PISA level 4 yang menuntut keterhubungan representasi, strategi, dan interpretasi kontekstual.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kendala siswa dalam menyelesaikan soal literasi matematika PISA level 4 berdasarkan proses Formulate, Employ, dan Interpret (FEI), baik secara deskriptif-kuantitatif maupun kualitatif melalui analisis jejak solusi siswa, serta merumuskan strategi scaffolding yang tepat pada setiap tahapan FEI. Urgensi penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam menyediakan pemetaan kendala yang lebih komprehensif dan berbasis proses, yang tidak hanya memotret capaian literasi matematika siswa, tetapi juga menjadi landasan perancangan scaffolding yang presisi untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan kinerja siswa dalam pemecahan masalah matematika kontekstual.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan dua pendekatan, yaitu deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan untuk memetakan profil skor Formulate, Employ, dan Interpret (FEI) pada empat butir soal yang setara dengan PISA Level 4. Sementara itu, pendekatan deskriptif kualitatif dilakukan melalui analisis isi terhadap jawaban tertulis siswa terpilih guna mengidentifikasi kendala spesifik yang muncul pada setiap proses FEI serta implikasi scaffolding yang diperlukan.

Subjek penelitian terdiri atas 28 siswa kelas IX SMP IT Wahdah Islamiyah Makassar dengan kemampuan yang heterogen berdasarkan informasi dari guru mata pelajaran. Seluruh siswa diminta mengerjakan paket soal secara langsung pada lembar jawaban yang disediakan dalam waktu 90 menit pada satu pertemuan pembelajaran reguler.

Instrumen penelitian berupa paket soal dan rubrik penilaian FEI. Paket soal terdiri atas empat butir soal setara PISA Level 4 dengan bentuk dan konten yang beragam, meliputi soal isian pada konten change and relationships, pilihan ganda pada konten uncertainty and data, benar/salah pada konten space and shape, serta soal uraian pada konten quantity. Soal-soal tersebut diadaptasi dari sumber resmi PISA dan artikel ilmiah. Penilaian jawaban siswa menggunakan rubrik FEI yang merujuk pada Rachmah et al. (2023), dengan tiga dimensi penilaian, yaitu formulate, employ, dan interpret, masing-masing diberi skor 0 (no credit), 0,5 (partial credit), dan 1 (full credit).

Tabel 1. Rubrik Penilaian dengan FEI

Dimensi	0 – No credit	0,5 – Partial	1 – Full credit
Formulate (merumuskan)	Tidak ada pemodelan/representasi; tidak menyederhanakan situasi ke bentuk matematis; informasi penting salah/terlewat.	Ada sebagian pemodelan: menyebut variabel/relasi atau membuat sketsa/tabel sederhana, tetapi belum cukup untuk dipakai menyelesaikan (struktur/pola tidak jelas, asumsi tak disebut).	Menyederhanakan konteks menjadi model yang jelas: menentukan variabel & satuan, menyatakan struktur/relasi/pola (mis. persamaan/selisih/tabel berlabel), dan/atau menuliskan rencana singkat. Model memadai untuk dilanjutkan.
Employ (menggunakan)	Tidak merancang strategi; langkah tidak relevan/keliru; tidak ada manipulasi angka/data yang sah.	Ada strategi namun parsial: prosedur/algorithm sebagian benar atau benar tetapi tidak konsisten; terdapat salah hitung minor yang tidak mengubah ide utama.	Merancang dan menjalankan strategi dengan benar & konsisten; manipulasi angka/data tepat; jika perlu memecah langkah, transisi antar-langkah jelas.
Interpret (menafsirkan)	Tidak kembali ke konteks; jawaban di luar pertanyaan.	Memberi hasil tetapi tanpa makna konteks (angka tanpa unit/keputusan); atau kesimpulan kabur; belum mengecek kewajaran.	Menyatakan kesimpulan kontekstual yang spesifik (dengan unit/label), menyebut alasan singkat/rujukan angka, dan bila relevan dapat mengevaluasi kewajaran

Prosedur pengumpulan data diawali dengan pemberian arahan singkat kepada siswa tanpa disertai contoh penyelesaian, dilanjutkan dengan pengerjaan soal selama 90 menit. Setelah seluruh jawaban terkumpul, dilakukan proses penskoringan berdasarkan rubrik FEI, anonimisasi identitas siswa, serta dokumentasi jawaban dalam bentuk potret atau foto.

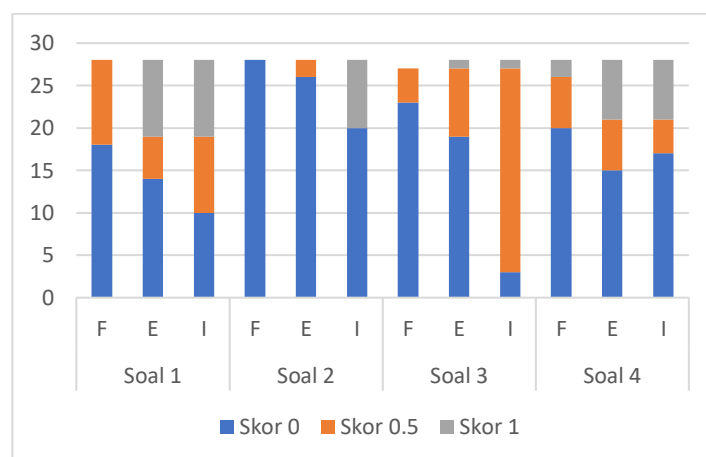
Analisis data dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, analisis kuantitatif dilakukan dengan melakukan penskoringan FEI pada setiap butir soal, menghitung jumlah siswa yang memperoleh skor 0, 0,5, dan 1 pada masing-masing proses FEI, serta menyajikan data dalam bentuk tabel deskriptif dan diagram batang berlapis. Kedua, analisis kualitatif dilakukan dengan memilih enam hingga sembilan jawaban siswa secara purposive yang mewakili kategori jawaban benar tanpa model, model benar dengan interpretasi lemah, serta pola jawaban unik. Jawaban-jawaban tersebut dianalisis untuk mengidentifikasi aspek yang tampak, aspek yang hilang, serta dugaan sumber kendala pada setiap proses FEI. Ketiga, perumusan scaffolding dilakukan berdasarkan sumber

kendala yang teridentifikasi, dengan tujuan merancang bentuk bantuan pembelajaran yang tepat untuk mengatasi kesulitan siswa pada tahap *formulate*, *employ*, dan *interpret*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dan pembahasan penelitian mengenai kendala siswa dalam menyelesaikan soal literasi matematika PISA Level 4 berdasarkan proses *Formulate*, *Employ*, dan *Interpret* (FEI). Hasil penelitian diawali dengan analisis deskriptif-kuantitatif untuk memetakan profil capaian siswa pada setiap proses FEI, kemudian diperdalam melalui analisis kualitatif terhadap jejak solusi siswa terpilih. Pembahasan selanjutnya mengaitkan temuan tersebut dengan kerangka FEI dan implikasinya terhadap perancangan *scaffolding* pembelajaran.

3.1 Kendala siswa berdasarkan proses FEI pada empat butir soal level 4, ditinjau secara deskriptif-kuantitatif (data klasikal/skor proses)

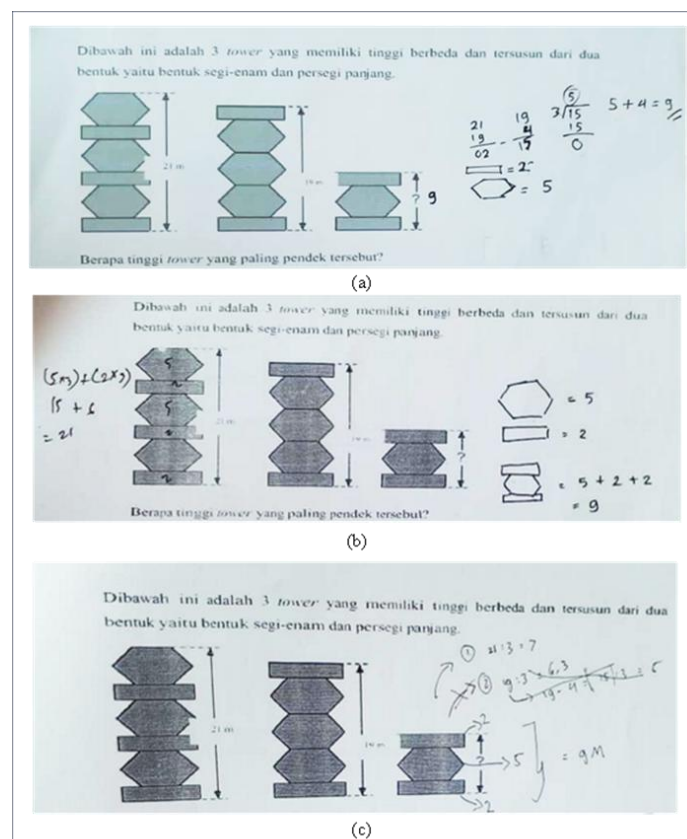


Gambar 1. Hasil Skor Siswa

Berdasarkan distribusi skor FEI pada empat butir soal, terlihat bahwa proses *Employ* merupakan proses yang paling dominan dikuasai siswa, diikuti oleh *Interpret*, sementara *Formulate* menjadi proses dengan capaian terendah. Hal ini ditunjukkan oleh jumlah skor penuh (skor 1) pada proses *Employ* yang relatif lebih tinggi dibandingkan *Formulate*, serta banyaknya siswa yang memperoleh skor 0 pada proses *Formulate* di hampir seluruh butir. Pola kuantitatif ini mengindikasikan bahwa siswa lebih mampu menjalankan prosedur matematis dibandingkan membangun model matematis dari konteks masalah, dan masih terbatas dalam mengaitkan hasil perhitungan dengan konteks secara konsisten. Secara umum, hasil ini menunjukkan ketimpangan capaian antarproses FEI, dengan kelemahan utama terletak pada tahap *Formulate*, yang berimplikasi pada keterbatasan kualitas proses *Employ* dan *Interpret* pada sebagian siswa. Rendahnya capaian *Formulate* ini juga dipengaruhi oleh karakteristik butir soal, karena tidak semua soal secara eksplisit menuntut proses pemodelan, seperti pada soal nomor 2 yang lebih menekankan pemilihan atau penafsiran hasil, sehingga peluang munculnya *Formulate* menjadi lebih terbatas.

3.2 Kendala Siswa Secara Kualitatif Pada Jawaban Terpilih, Ditinjau Melalui Bukti Pekerjaan Siswa

Analisis berikut mengkaji tiga kasus representatif berdasarkan jejak solusi tertulis siswa untuk memperjelas karakteristik kendala siswa pada setiap proses FEI. Pada soal 1 (Gambar 2) kasus (a), siswa telah menunjukkan prosedur yang relatif runtut dengan menentukan selisih tinggi, menghitung tinggi segienam, dan menggunakan hasil tersebut untuk memperoleh tinggi tower berikutnya, namun tidak menuliskan satuan panjang sehingga makna kontekstual hasil kurang jelas dan mengindikasikan lemahnya kebiasaan interpretasi. Pada kasus (b), siswa mampu memberi label angka, melakukan perhitungan dengan benar, dan menyajikan simpulan, tetapi tidak menjelaskan asal-usul nilai yang digunakan sehingga jejak pemodelan matematis tidak tampak, yang mencerminkan lemahnya tahap formulate serta budaya penilaian yang lebih menekankan jawaban akhir daripada proses. Pada kasus (c), meskipun siswa memperoleh hasil numerik yang benar melalui pembagian dan perkiraan nilai, relasi matematis formal seperti variabel atau sistem persamaan tidak dituliskan, alasan pemilihan nilai tidak dijustifikasi, dan jawaban tidak ditutup dengan kalimat kontekstual, menunjukkan kecenderungan trial-and-error yang mengabaikan penalaran deduktif. Secara keseluruhan, ketiga kasus tersebut menegaskan bahwa kesulitan utama siswa terletak pada kurangnya pemodelan formal dan interpretasi kontekstual yang eksplisit, sehingga penguatan scaffolding pada tahap formulate dan interpret menjadi kunci untuk memperbaiki kualitas proses berpikir matematis siswa.



Gambar 2. Potret Jawaban Terpilih Soal Nomor 1

Pada soal 2 (Gambar 3), jawaban siswa menunjukkan variasi kendala yang dominan pada tahap interpret. Pada kasus (a), siswa mampu menulis ulang pernyataan awal dan menandai informasi penting seperti abad ke-20, 16/17, dan abad ke-21, namun jawaban berhenti pada pernyataan singkat tanpa alasan logis, yang mengindikasikan kurangnya pembiasaan menulis penalaran ilmiah. Pada kasus (b), siswa telah menafsirkan pecahan 16/17 sebagai perbandingan jumlah kejadian antara abad ke-21 dan abad ke-20, tetapi belum mengaitkannya dengan konteks ilmiah, karena hanya menyatakan "lebih sedikit" tanpa menjelaskan makna astronominya, menunjukkan fokus berlebihan pada perhitungan matematis tanpa pemaknaan fenomena. Pada kasus (c), siswa menuliskan bentuk matematika $16/17 < 1$ dan menyimpulkan bahwa gerhana matahari pada abad ke-21 tidak terjadi, yang mencerminkan miskonsepsi terhadap perbandingan pecahan dengan angka 1, khususnya dalam memahami bahwa nilai kurang dari 1 tetap dapat merepresentasikan kejadian yang mungkin terjadi. Sementara itu, pada kasus (d), siswa menyampaikan opini pribadi dan keterbatasan diri tanpa memanfaatkan data pada soal, tidak membangun model atau relasi sederhana, tidak melakukan perbandingan, serta membuat klaim bahwa peristiwa tidak dapat diperkirakan, yang keliru secara ilmiah dan di luar tuntutan butir, sehingga menunjukkan kesalahan dalam memahami instruksi, keyakinan epistemik yang tidak tepat, serta rendahnya kepercayaan diri dalam konteks sains. Secara keseluruhan, temuan pada soal ini menegaskan bahwa siswa memerlukan penguatan scaffolding penalaran dan interpretasi kontekstual agar mampu menggunakan data secara logis dan membuat keputusan berbasis bukti, bukan sekadar pernyataan intuitif atau opini pribadi.

Ahli astronomi menyatakan: "Pada abad 21, gerhana matahari akan terjadi $\frac{16}{17}$ kali peristiwa dari abad 20."
 Berikut ini, manakah yang paling mencerminkan makna dari pernyataan ahli astronomi tersebut?
 A. Kapan gerhana matahari akan terjadi tidak dapat diperkirakan, karena kita tidak dapat mengetahui apa yang akan terjadi di masa depan.
 B. $\frac{16}{17} \times 100 = 94,12$, jadi ada kemungkinan akan terjadi 94 atau 95 gerhana matahari pada abad 21.
 C. $\frac{16}{17}$ kurang dari 1, jadi gerhana matahari tidak akan terjadi pada abad 21.
 D. Diperkirakan pada abad 21, gerhana matahari yang terjadi lebih sedikit daripada abad 20.
 Berikan penjelasan untuk mendukung jawabanmu!

Konten : Ketidaktelitian
 Konteks : Ilmiah
 Karena ~~ada~~ Ahli astronomi Menyatakan pada abad(21) gerhana matahari akan terjadi $\frac{16}{17}$ kali Peristiwa dari abad 20

(a)

Karena $\frac{16}{17}$ 16 (abad 20) 17 (abad 20) jadi gerhana matahari di abad 21 lebih sedikit

(b)

Karena $\frac{16}{17}$ kurang dari 1 dan gerhana matahari terjadi pada abad 21 tapi karena kurang dari 1 maka gerhana matahari tidak akan terjadi pada abad ke 21

matahari pada abad :
 A. Kapan gerhana matahari akan terjadi tidak dapat diperkirakan, karena kita tidak dapat mengetahui apa yang akan terjadi di masa depan.
 B. $\frac{16}{17} \times 100 = 94,12$, jadi ada kemungkinan akan terjadi 94 atau 95 gerhana matahari pada abad 21.
 C. $\frac{16}{17}$ kurang dari 1, jadi gerhana matahari tidak akan terjadi pada abad 21.
 D. Diperkirakan pada abad 21, gerhana matahari yang terjadi lebih sedikit daripada abad 20.
 Berikan penjelasan untuk mendukung jawabanmu!

Konten : Ketidaktelitian
 Konteks : Ilmiah

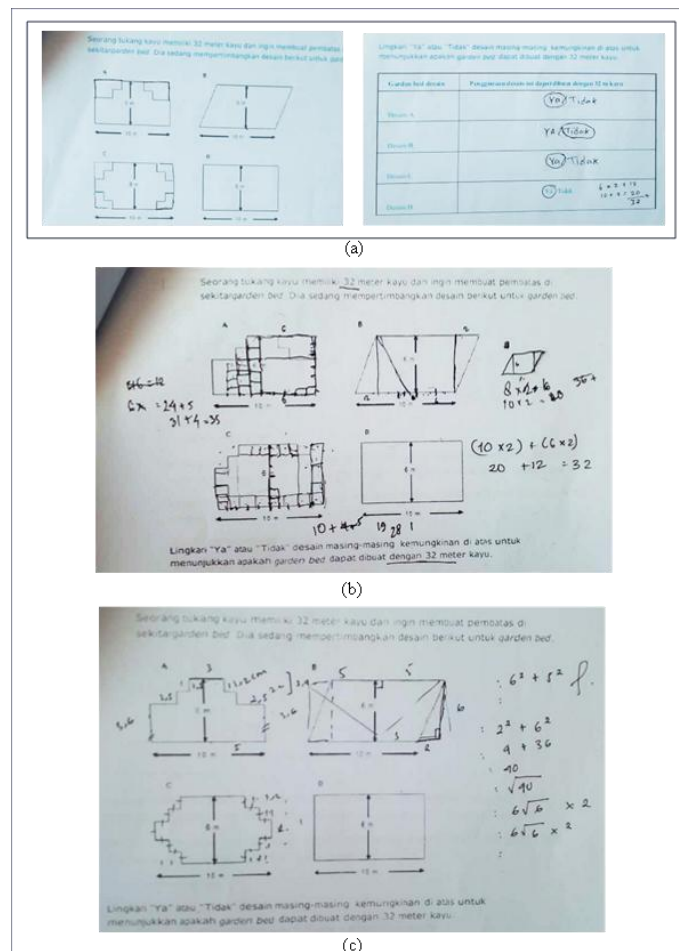
(c)

A. kapan gerhana matahari akan terjadi tidak dapat diperkirakan karena kita tidak dapat mengetahui apa yang akan terjadi di masa depan jadi jawabannya aku bukan lah seorang astronomi/astrolog jadi aku tidak tau tentang gerhana matahari.

(d)

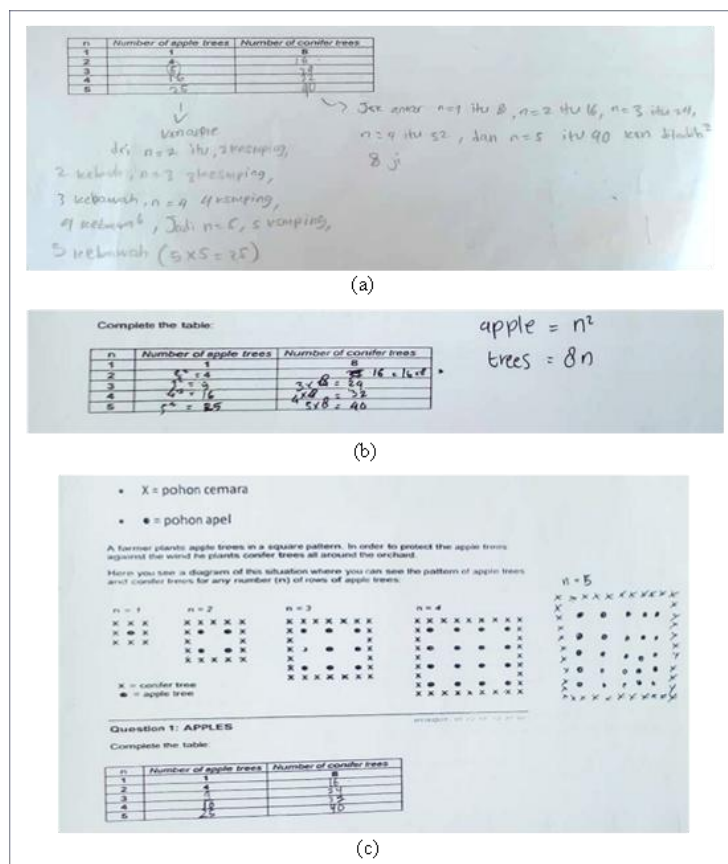
Gambar 3. Potret Jawaban Terpilih Soal Nomor 2

Pada soal nomor 3 (Gambar 4), jawaban siswa menunjukkan variasi kendala yang berkaitan dengan proses formulate dan employ. Pada kasus (a), siswa menggunakan sketsa tambahan untuk membantu visualisasi sisi, yang mencerminkan kemampuan representasional yang baik, namun hanya memformulasikan satu desain tanpa memberikan alasan terhadap desain lain, sehingga hasil belum ditafsirkan secara kontekstual. Pada kasus (b), siswa mencoba menggunakan operasi hitung pada semua desain, tetapi beberapa sisi salah dihitung atau terlewat akibat kurang teliti dalam membedakan sisi luar dan sisi dalam bangun. Pada kasus (c), siswa memecah bentuk menjadi beberapa segmen dengan panjang tertentu dan bahkan menggunakan teorema Pythagoras pada desain tertentu, namun gagal memformulasikan keliling secara sistematis sehingga proses berhenti pada tahap visualisasi, disertai kesalahan dalam menghitung sisi miring karena fokus pada menggambar dan menyalin ukuran tanpa menyadari tujuan utama perhitungan keliling total. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa siswa memerlukan scaffolding yang menekankan penulisan langkah eksplisit dan sistematis—seperti mendefinisikan keliling sebagai jumlah seluruh sisi luar dan menggunakan tabel sisi—agar representasi visual dapat ditransformasikan secara konsisten menjadi perhitungan matematis yang lengkap dan bermakna.



Gambar 4. Potret Jawaban Terpilih Soal Nomor 3

Pada soal 4 (Gambar 5), jawaban siswa menunjukkan bahwa pemahaman pola visual telah muncul, namun belum sepenuhnya ditransformasikan ke dalam bentuk simbolik. Pada kasus (a), siswa mampu menyampaikan dan menggunakan pola dengan benar untuk menghitung jumlah pohon, tetapi tidak menuliskan ekspresi umum seperti n^2 atau $8n$, yang mengindikasikan bahwa siswa belum terbiasa mengekspresikan pola secara simbolik dan masih berfokus pada hasil akhir. Pada kasus (b), siswa memahami pertumbuhan pola tetapi tidak menjelaskan asal-usulnya, seperti alasan mengapa jumlah pohon cemara dinyatakan sebagai n^2 , sehingga proses berpikir matematis tidak terdokumentasi secara eksplisit akibat kurangnya latihan menuliskan penalaran dalam bentuk narasi atau representasi verbal. Pada kasus (c), siswa menunjukkan pemahaman hubungan spasial antara barisan pohon dan ukuran sisi persegi serta menyadari pola penambahan jumlah pohon apel dan posisi pohon cemara yang mengelilinginya, namun hubungan matematis tersebut belum dituliskan dalam bentuk rumus karena siswa lebih terfokus pada aktivitas menggambar dan menyalin ukuran daripada melakukan generalisasi aljabar. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan perlunya scaffolding yang mendorong transisi dari representasi visual ke ekspresi simbolik melalui pembiasaan menuliskan rumus dan generalisasi aljabar agar pemahaman pola siswa menjadi lebih formal dan sistematis.



Gambar 5. Potret Jawaban Terpilih Soal Nomor 4

Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa proses Formulate Employ Interpret (FEI) cenderung bersifat berjenjang secara konseptual, meskipun tidak selalu tampak secara eksplisit pada jawaban tertulis siswa. Sebagian kecil siswa mampu menjalankan prosedur matematis dan memberikan interpretasi yang benar meskipun tahap formulate tidak dituliskan, yang mengindikasikan bahwa pemodelan telah terjadi secara implisit tetapi tidak diekspresikan karena kebiasaan belajar yang berorientasi pada hasil akhir. Namun, temuan dominan menunjukkan bahwa siswa yang tidak mampu membangun model matematis secara memadai pada tahap formulate umumnya juga mengalami kesulitan pada tahap employ dan interpret, sehingga proses selanjutnya menjadi terhambat. Hal ini menegaskan bahwa formulate merupakan fondasi penting dalam siklus pemodelan matematis PISA, karena kemampuan menerjemahkan konteks ke dalam representasi dan relasi formal menentukan kualitas penerapan prosedur dan ketepatan interpretasi hasil. Oleh karena itu, meskipun tidak selalu tertulis, penguatan kebiasaan mengekspresikan tahap formulate secara eksplisit menjadi krusial agar proses berpikir matematis siswa lebih terstruktur, reflektif, dan selaras dengan tuntutan literasi matematika PISA.

3.3 Scaffolding untuk mengatasi kendala-kendala tersebut pada tiap proses FEI agar pemahaman konseptual dan kinerja kontekstual meningkat

Tahap formulate menuntut kemampuan siswa untuk menerjemahkan informasi kontekstual ke dalam representasi matematis formal. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa proses ini sering memerlukan scaffolding penalaran dan ekspresi simbolik agar siswa mampu menuliskan model matematis dengan benar (Hein & Prediger, 2024; Sun et al., 2023). Guru perlu menuntun siswa untuk menulis ulang informasi matematis dan mengaitkannya dengan makna kontekstual, sebab keterbatasan dalam ekspresi formal kerap menghambat perumusan model (Bakker et al., 2015; Brower et al., 2018). Pendekatan scaffolding yang bersifat dialogis dan visual terbukti meningkatkan kejelasan representasi serta membantu siswa menghubungkan bahasa sehari-hari dengan simbol matematis (Rezat et al., 2022; Li et al., 2024). Dalam konteks Indonesia, penelitian oleh Dewi & Nuraeni (2022) dan Safitri et al. (2019) menegaskan pentingnya pembiasaan menuliskan diketahui ditanya secara eksplisit agar siswa tidak melewatkan komponen penting dari model. Dengan demikian, strategi formulate perlu difokuskan pada transisi dari ide verbal ke model aljabar yang disertai makna fenomenologisnya. Pada tahap employ, siswa menggunakan model matematis untuk melakukan perhitungan, manipulasi simbolik, atau pengujian relasi. Penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan tahap ini bergantung pada kejelasan model awal serta scaffolding prosedural dan deduktif (Hein & Prediger, 2024). Siswa perlu diarahkan untuk memahami perbedaan antara bukti deduktif yang menjamin kebenaran melalui relasi logis dan proses non-deduktif yang bersifat kebetulan (Brower et al., 2018). Penggunaan rubrik analitik yang konsisten juga direkomendasikan untuk menilai aspek ketepatan langkah prosedural dan konsistensi satuan (Dewi & Nuraeni, 2022). Di sisi lain, pembelajaran yang menekankan representasi visual dan kolaboratif dapat meningkatkan keaktifan serta rasa percaya diri siswa dalam memanipulasi model (Supartik & Pasaribu, 2021). Dengan demikian, tahap employ tidak hanya menilai hasil

perhitungan, tetapi juga proses berpikir deduktif yang logis dan dapat dipertanggungjawabkan.

Tahap interpret berfokus pada kemampuan siswa menjelaskan kembali hasil matematis dalam konteks fenomena nyata dan mengartikulasikan maknanya. Penelitian mutakhir menekankan pentingnya komunikasi matematis tertulis dan verbal sebagai bentuk pemahaman konseptual (Hein & Prediger, 2024). Di Indonesia, penelitian oleh (Puspita et al., 2023; Safitri et al., 2019; Supartik & Pasaribu, 2021) menunjukkan bahwa siswa masih sering gagal mengaitkan hasil perhitungan dengan konteks permasalahan karena kurangnya latihan mengonversi representasi simbolik menjadi bahasa alami. Guru disarankan menggunakan scaffolding berbasis diskusi atau think-aloud untuk membantu siswa mengartikulasikan makna matematis (Sun et al., 2023). Penggunaan media visual seperti diagram batang atau perbandingan grafis juga efektif untuk memperkuat penalaran interpretatif (Li et al., 2024). Akhirnya, keterampilan interpret perlu dikembangkan melalui kebiasaan menulis kesimpulan berbentuk kalimat penjelasan yang menegaskan hubungan antara hasil matematis dan konteks ilmiah di sekitarnya.

Untuk mendukung perkembangan kemampuan berpikir matematis siswa dalam kerangka Formulate Employ Interpret (FEI), guru perlu menerapkan strategi scaffolding yang berjenjang dan terintegrasi. Pada tahap formulate, pemberian conceptual scaffolding dan representational scaffolding berperan penting dalam membantu siswa mentransformasi informasi kontekstual menjadi model matematis formal. Guru dapat menuntun siswa untuk menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan, menjelaskan makna kuantitas dalam konteks fenomena, serta mengaitkan berbagai representasi seperti gambar, tabel, dan simbol aljabar. Selanjutnya, pada tahap employ, penerapan procedural scaffolding dan strategic scaffolding diperlukan untuk mengarahkan siswa menjalankan prosedur matematis secara sistematis dan deduktif, memeriksa keterhubungan antarvariabel, serta menilai konsistensi logika perhitungan dengan model yang telah dibangun. Adapun pada tahap interpret, penggunaan reflective scaffolding dan linguistic scaffolding menjadi penting untuk mendorong siswa mengaitkan hasil matematis dengan konteks nyata, menafsirkan makna hasil secara ilmiah, serta mengartikulasikannya dalam bentuk kalimat penjelasan yang runtut dan bermakna. Dengan demikian, penerapan scaffolding yang terencana pada setiap tahapan FEI tidak hanya membantu siswa memperbaiki kesalahan konseptual dan prosedural, tetapi juga memperkuat kemampuan berpikir reflektif dan komunikasi matematis yang esensial dalam pembelajaran berbasis pemecahan masalah kontekstual.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada empat butir soal level 4, kendala terbesar siswa secara kuantitatif terdapat pada tahap formulate, yang ditandai dengan skor rata-rata paling rendah dibandingkan tahap employ dan interpret. Secara kualitatif, kesalahan siswa mencakup ketidaklengkapan dalam menuliskan satuan, variabel, serta hubungan matematis; ketidaktepatan dalam menjalankan prosedur atau perhitungan; dan ketidakmampuan menafsirkan hasil dalam konteks masalah. Temuan ini menunjukkan bahwa kesulitan utama terletak pada proses transisi dari representasi kontekstual ke simbolis dan dari hasil numerik ke makna fenomenologis. Oleh karena itu, scaffolding yang tepat mencakup pemberian bimbingan eksplisit untuk menulis

“diketahui ditanya model” pada tahap formulate, pembimbingan penalaran deduktif dan penggunaan model logis pada tahap employ, serta latihan komunikasi matematis kontekstual melalui kalimat penjelasan pada tahap interpret, sehingga pemahaman konseptual dan kemampuan menerapkan matematika dalam konteks nyata dapat meningkat secara menyeluruh.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah, guru, dan seluruh siswa yang telah berpartisipasi serta memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

6. REKOMENDASI

Penelitian ini memberikan gambaran empiris yang kuat mengenai pola kendala siswa pada proses Formulate Employ Interpret (FEI) melalui analisis sistematis terhadap jawaban tertulis, namun belum sepenuhnya menangkap proses berpikir siswa yang berlangsung secara implisit. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melengkapi analisis tertulis dengan wawancara atau think-aloud agar pemodelan yang tidak tertuliskan, khususnya pada tahap formulate, dapat dipahami secara lebih utuh. Temuan tersebut selanjutnya dapat menjadi dasar bagi penelitian berbasis tindakan atau design research yang berfokus pada pengembangan dan implementasi scaffolding FEI secara langsung di kelas sebagai upaya strategis untuk meningkatkan kualitas literasi matematika dan kinerja siswa pada asesmen PISA.

7. REFERENSI

- Bakker, A., Smit, J., & Wegerif, R. (2015). Scaffolding and dialogic teaching in mathematics education: introduction and review. *ZDM - Mathematics Education*, 47(7), 1047–1065. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0738-8>
- Brower, R. L., Woods, C. S., Jones, T. B., Park, T. J., Hu, S., Tandberg, D. A., Nix, A. N., Rahming, S. G., & Martindale, S. K. (2018). Scaffolding Mathematics Remediation for Academically At-Risk Students Following Developmental Education Reform in Florida. *Community College Journal of Research and Practice*, 42(2), 112–128. <https://doi.org/10.1080/10668926.2017.1279089>
- Dewi, W. K. D., & Nuraeni, R. (2022). Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMP ditinjau dari Self-Efficacy pada Materi Perbandingan di Desa Karangpawitan. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1), 151–164. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v2i1.1093>
- Farida, R. N., Qohar, A., & Rahardjo, S. (2021). Analisis Kemampuan Literasi Matematis Siswa SMA Kelas X Dalam Menyelesaikan Soal Tipe Pisa Konten Change and Relationship. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 2802–2815. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i3.972>
- Golla, E., & Reyes, A. (2022). *Pisa 2022 Mathematics Framework (Draft)*. OECD Publishing, November 2018, 32–39. https://pisa2022-maths.oecd.org/files/PISA_2022_Mathematics_Framework_Draft.pdf
- Hamidy, A., & Jailani, J. (2019). Kemampuan proses matematis siswa Kalimantan Timur dalam

- menyelesaikan soal matematika model PISA. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 6(2), 133–149. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v6i2.26679>
- Hein, K., & Prediger, S. (2024). Scaffolds for seeing, using, and articulating logical structures in proofs: Design research study with high school students. *Journal of Mathematical Behavior*, 74(January 2023), 101123. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2023.101123>
- Li, R., Cao, Y., Tang, H., & Kaiser, G. (2024). Teachers' Scaffolding Behavior and Visual Perception During Cooperative Learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(2), 333–352. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10379-6>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results. In *Factsheets: Vol. I*. https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en%0Ahttps://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/country-notes/germany-1a2cf137/
- Puspita, F., Eva, Z. N., & Tusi, F. A. (2023). Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa pada Pokok Bahasan Bangun Ruang Sisi Datar. *Journal GEEJ*, 7(2), 40–48. <https://jurnal.unigal.ac.id/GAMMA-NC/article/view/12950>
- Qadry, I. K., Dassa, A., & Aynul, N. (2022). Analisis Kemampuan Literasi Matematika Siswa Dalam Menyelesaikan Soal PISA Konten Space And Shape Pada Kelas IX SMP Negeri 13 Makassar. *Jurnal Matematika Dan Aplikasinya (IJMA)*, 2(2), 78–92. [file:///C:/Users/USER/Downloads/99-Article Text-488-1-10-20220309.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/99-Article%20Text-488-1-10-20220309.pdf)
- Rachmah, F., Widadah, S., & Ayuningtyas, N. (2023). Analisis Kemampuan Literasi Siswa Smp Dalam Menyelesaikan Soal Model PISA: Formulate Dan Employ. *JEDMA Jurnal Edukasi Matematika*, 3(2), 56–64. <https://doi.org/10.51836/jedma.v3i2.496>
- Rezat, S., Malik, S., & Leifeld, M. (2022). Scaffolding Close Reading of Mathematical Text in Pre-service Primary Teacher Education at the Tertiary Level: Design and Evaluation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 215–236. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10309-y>
- Safitri, L., Darmawan, P., & Prayekti, N. (2019). Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Himpunan. 160–170.
- Sun, L., Kangas, M., Ruokamo, H., & Siklander, S. (2023). A systematic literature review of teacher scaffolding in game-based learning in primary education. *Educational Research Review*, 40(May), 100546. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100546>
- Supartik, S., & Pasaribu, L. H. (2021). Increasing Students' Communication Skills and Independence Through Realistic Mathematics Learning Assisted by Google Classroom. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(01), 42–49. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v11i01.12373>