



Studi kasus dinamika kognitif pada proses abstraksi dan klasifikasi dalam membangun pemahaman konseptual geometri

Rosi Citrawati¹, Surya Sari Faradiba^{2*}, M. Mahmudi Prasetyo¹

¹ Mahasiswa Magister Pendidikan Matematika, Pascasarjana, Universitas Islam Malang, Malang

² Magister Pendidikan Matematika, Pascasarjana, Universitas Islam Malang, Malang

22502072022@unisma.ac.id

Abstract

This research is motivated by the low spatial literacy among elementary school students, who tend to memorize physical features of shapes without understanding their hierarchical logical relationships. The primary objective is to deconstruct the cognitive dynamics in building geometric conceptual understanding through the integration of abstraction and classification processes. Adopting a descriptive qualitative case study design, the study included 5th-grade students selected via purposive sampling. Data were collected using the Conceptual Geometry Task instrument through the Think-Aloud Protocol (TAP) technique, observations, and task-based interviews, which were then qualitatively analyzed using data triangulation. Specific findings indicate that the subjects reached a mature stage of abstraction by extracting invariant attributes to perform hierarchical classification consistent with Van Hiele Level 1. Furthermore, a progressive self-correction mechanism was identified as a means of overcoming high cognitive load by modifying logical strategies. Contextually, this study indicates that students' procedural errors are often integral to the process of developing conceptual abstraction. The practical implications emphasize the urgency for educators to validate students' learning trajectories to foster comprehensive mathematical reasoning.

Keywords: Abstraction; Cognitive Load; Classification; Conceptual Understanding; Think-Aloud Protocol.

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya literasi spasial siswa sekolah dasar yang cenderung menghafal ciri fisik bangun tanpa memahami hubungan logis dan hierarkisnya. Tujuan utama penelitian ini adalah membedah dinamika kognitif dalam membangun pemahaman konseptual geometri melalui integrasi proses abstraksi dan klasifikasi. Menggunakan desain studi kasus kualitatif deskriptif, subjek penelitian adalah siswa kelas 5 SD yang dipilih melalui *purposive sampling*. Data dikumpulkan menggunakan instrumen Tugas Geometri Konseptual melalui teknik *Think-Aloud Protocol* (TAP), observasi, dan wawancara berbasis tugas, yang kemudian dianalisis secara kualitatif melalui triangulasi teknik. Temuan spesifik menunjukkan bahwa subjek telah mencapai tahap abstraksi yang matang dengan mengekstraksi atribut invarian untuk melakukan klasifikasi hierarkis sesuai Level 1 Van Hiele. Selain itu, ditemukan mekanisme *self-correction* yang progresif untuk mengatasi beban kognitif yang tinggi melalui modifikasi strategi logis. Secara kontekstual, penelitian ini memberikan indikasi bahwa kesalahan prosedural siswa sering kali merupakan bagian integral dari proses perkembangan abstraksi konseptual. Implikasi praktisnya menekankan urgensi bagi pendidik untuk memvalidasi lintasan berpikir siswa guna membangun nalar matematis yang komprehensif.

Kata Kunci: Abstraksi; Beban Kognitif; Klasifikasi; Pemahaman Konseptual; *Think-Aloud Protocol*.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika di jenjang Sekolah Dasar (SD) memegang peranan krusial sebagai fondasi utama dalam membentuk pola pikir siswa yang teratur, logis, dan bermakna (Hartanti et al., 2025). Pada tahap ini, fokus utama pendidikan matematika bukan sekadar melatih kemampuan berhitung, melainkan membangun pemahaman konseptual yang kokoh sebagai landasan untuk tingkat pendidikan selanjutnya. Agar pemahaman tersebut terbentuk secara autentik, proses pembelajaran harus memfasilitasi siswa untuk mengalami transformasi kognitif secara bertahap, mulai dari eksplorasi objek konkret hingga ke bentuk simbolik yang lebih abstrak (Ismiyati, 2023). Sejalan dengan teori Bruner, penguasaan matematika akan menjadi lebih presisi apabila siswa terlibat aktif dalam proses transisi dari manipulasi fisik menuju representasi mental (Hatip & Setiawan, 2021).

Sejumlah penelitian terkini menunjukkan bahwa pemahaman konsep merupakan indikator keberhasilan belajar yang melampaui kemampuan menghafal rumus. Siswa yang memiliki pemahaman konseptual yang baik mampu menjelaskan argumentasi di balik sebuah prosedur, menemukan korelasi antar ide matematika, dan mengaplikasikan konsep tersebut pada konteks yang baru (Andam et al., 2025). Namun, literatur juga mencatat tantangan besar dalam praktik kelas ketika pembelajaran terlalu menekankan pada aspek prosedural dan hafalan, siswa cenderung mengalami kegagalan kognitif saat menghadapi persoalan yang sedikit berbeda dari contoh (Kholid et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan pergeseran paradigma pembelajaran yang lebih mengedepankan aktivitas berpikir kritis dan konstruksi makna secara mandiri.

Secara teoritis, kedalaman pemahaman siswa dalam geometri dapat dianalisis melalui sintesis antara tingkat berpikir Van Hiele dan proses abstraksi reflektif. Hierarki Van Hiele memberikan peta perkembangan kognitif siswa dalam memahami sifat-sifat geometris, namun keberhasilan transisi antarlevel tersebut sangat bergantung pada efektivitas abstraksi reflektif, yakni kemampuan mental untuk mempresentasikan tindakan fisik ke dalam pemikiran abstrak. Dalam proses ini, pengelolaan *cognitive load* (beban kognitif) menjadi faktor kunci pembelajaran yang tidak menjembatani pengalaman konkret ke formal secara sistematis akan menyebabkan beban kognitif berlebih, sehingga siswa gagal menginternalisasi struktur logis geometri dan hanya terjebak pada pengenalan visual semata. Meskipun pentingnya tahap operasional konkret dan visualisasi dalam geometri telah lama ditekankan (Firdaus et al., 2024; Mbusi & Luneta, 2021; Mudhefi et al., 2024), terdapat celah penelitian (*research gap*) yang signifikan dalam literatur saat ini. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada pemetaan level Van Hiele secara umum atau hasil akhir belajar

siswa, namun studi yang secara eksplisit mengkaji mekanisme kognitif spesifik, yaitu sinergi antara proses abstraksi dan klasifikasi, masih sangat terbatas. Banyak pembelajaran bangun datar saat ini masih terfragmentasi, di mana siswa mampu menyebutkan ciri-ciri fisik bangun, namun gagal memahami hubungan hierarkis, di antaranya (Risdiyanti et al., 2018). Celah penelitian ini terletak pada kurangnya penekanan pada proses kognitif spesifik, yakni abstraksi dan klasifikasi, dalam menjembatani pengalaman konkret menuju pemahaman formal. Padahal, kemampuan abstraksi sangat diperlukan untuk menangkap esensi sifat suatu objek, sementara klasifikasi memungkinkan siswa mengorganisasi informasi berdasarkan atribut tertentu secara sistematis (Mawadah Putri Islamiati, 2022; Nadilia & Wijayanti, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengembangkan pemahaman konseptual siswa melalui integrasi proses abstraksi dan klasifikasi pada materi bangun datar. Fokus utama penelitian ini adalah bagaimana kedua aktivitas kognitif ini dapat mengoptimalkan cara siswa dalam mengidentifikasi, membedakan, dan mengelompokkan sifat-sifat geometri. Dengan mengarahkan siswa untuk melakukan abstraksi sifat (seperti kesamaan sisi dan sudut) dan klasifikasi kategori bangun, diharapkan siswa tidak lagi terjebak pada hafalan nama, melainkan memahami struktur logis dari geometri itu sendiri (Niyazova et al., 2022; Scheja & Rott, 2024).

Pendekatan yang diusulkan dalam studi ini menitikberatkan pada manipulasi objek visual dan diskusi reflektif untuk memicu kemampuan klasifikasi siswa. Keunikan penelitian ini terletak pada sintesis antara tahapan Van Hiele dan aktivitas abstraksi-klasifikasi sebagai kerangka kerja untuk mengevaluasi kedalaman pemahaman siswa kelas 5 SD. Dengan merujuk pada literatur terbaru, penelitian ini memposisikan abstraksi bukan sebagai hasil akhir, melainkan sebagai proses berkelanjutan yang harus dirancang secara sengaja dalam pembelajaran matematika (Khasanah et al., 2019; Kilicoglu & Kaplan, 2022). Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi guru dalam merancang desain instruksional yang lebih adaptif terhadap tahap perkembangan kognitif siswa. Bagi peneliti dan praktisi pendidikan, temuan ini dapat menjadi referensi dalam mengatasi problematika rendahnya literasi spasial dan geometri di tingkat dasar. Dengan memperkuat kemampuan abstraksi dan klasifikasi, kualitas pembelajaran matematika diharapkan dapat meningkat, sehingga mampu mencetak siswa yang memiliki daya nalar matematis yang tangguh dan komprehensif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain studi kasus kualitatif deskriptif untuk mengeksplorasi secara mendalam (*in-depth*) fenomena kognitif siswa dalam membangun pemahaman konseptual melalui proses abstraksi dan klasifikasi. Pemilihan subjek dilakukan melalui teknik *purposive sampling* yang berfokus pada pendekatan subjek tunggal (*single subject*), yaitu seorang siswa kelas V SD dengan inisial VL. Secara metodologis, penggunaan subjek tunggal ini dijustifikasi karena penelitian ini dirancang

untuk melakukan investigasi mikroanalitik yang mendalam terhadap proses kognitif siswa, bukan untuk melakukan generalisasi statistik. Penggunaan subjek tunggal (atau terbatas) dalam penelitian ini dijustifikasi sebagai studi kasus instrumental, di mana fokus utama penelitian bukan pada generalisasi populasi, melainkan pada pembedahan mendalam terhadap mekanisme internal siswa saat melakukan transisi dari pengamatan visual menuju analisis sifat-sifat yang bersifat abstrak.

Peneliti bertindak sebagai instrumen kunci yang didukung oleh instrumen Tugas Geometri Konseptual (TGK). Berbeda dengan tes prosedural biasa, TGK ini dirancang untuk memicu proses abstraksi dan klasifikasi dengan menyajikan berbagai variasi bangun datar (seperti beragam jenis segi empat) yang menuntut siswa untuk mengidentifikasi atribut invarian (sisi, sudut, simetri) serta mengategorikannya secara hierarkis. Untuk menjamin kredibilitas dan keabsahan alat ukur, Instrumen TGK telah melalui tahap uji validasi ahli (*expert judgment*). Proses validasi ini melibatkan satu dosen ahli pendidikan matematika dan satu guru senior SD. Aspek-aspek yang dievaluasi mencakup validitas isi, konstruk, dan keterbacaan bahasa, yang difokuskan pada kesesuaian butir soal dengan tahap perkembangan kognitif siswa kelas V SD serta hierarki level berpikir geometri Van Hiele. Berdasarkan penilaian para ahli, instrumen TGK memperoleh kriteria sangat valid dan dinyatakan layak untuk diimplementasikan dengan beberapa revisi minor pada redaksi soal.

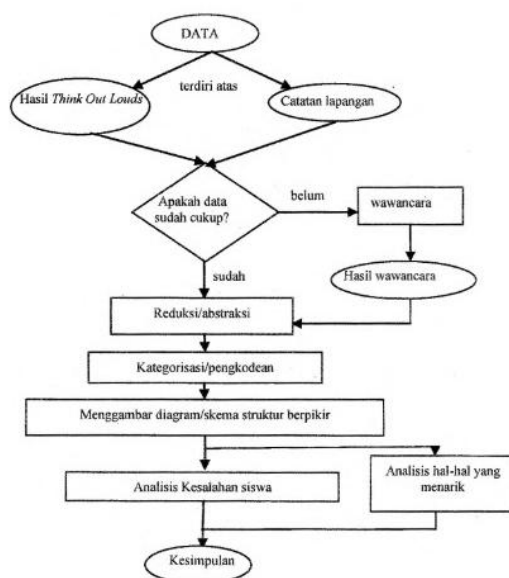


Gambar 1. Soal PISA TGK

Proses pengumpulan data dilakukan secara simultan melalui teknik Think-Aloud Protocol (TAP), observasi perilaku, dan wawancara berbasis tugas (*task-based interview*). Sebagai bagian dari prosedur standar TAP, tahapan pengambilan data diawali dengan sesi pelatihan verbalisasi (*verbalization training*). Sesi pra-pengumpulan data ini bertujuan untuk melatih subjek agar terbiasa menyuarakan seluruh proses pemikirannya secara spontan saat memecahkan masalah, sehingga memastikan kelancaran, ketelitian, dan kealamian artikulasi kognitif subjek saat menghadapi tugas geometri yang sesungguhnya. Dalam pelaksanaannya, siswa diinstruksikan untuk mengerjakan tugas geometri sambil menyuarakan segala hal yang dipikirkan (*verbalization*). Hal ini bertujuan untuk mengungkap bagaimana siswa melakukan

abstraksi (menangkap ciri penting) dan klasifikasi (mengelompokkan berdasarkan sifat) secara *real-time*. Peneliti mencatat perilaku nonverbal, seperti durasi jeda berpikir atau gestur saat membandingkan dua bangun, dalam catatan lapangan. Apabila data verbalisasi dari TAP dirasa belum cukup menjelaskan alasan di balik keputusan klasifikasi siswa, maka dilakukan wawancara retrospektif sebagai langkah konfirmasi untuk memperdalam pemahaman peneliti terhadap skema berpikir subjek.

Teknik analisis data dilaksanakan secara kualitatif dengan mengacu pada alur sistematis reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Proses ini diawali dengan transkripsi hasil verbalisasi *Think-Aloud* dan pengodean catatan lapangan. Selanjutnya, dilakukan tahap reduksi dan abstraksi data untuk memilah informasi yang relevan dengan fokus penelitian, yakni bagaimana siswa mengidentifikasi sifat bangun (abstraksi) dan bagaimana mereka menghubungkan sifat-sifat tersebut untuk membentuk kategori (klasifikasi). Data yang telah direduksi kemudian dikategorisasi berdasarkan indikator pemahaman konseptual, seperti kemampuan membedakan atribut esensial dan non-esensial. Langkah berikutnya adalah menyusun skema visual struktur berpikir (seperti peta kognitif) untuk memetakan perjalanan siswa dari level visualisasi menuju level analisis.



Gambar 2. Teknik analisis data melalui *Think Aloud Protocol*

Guna menjamin keabsahan temuan serta meminimalkan risiko subjektivitas, prosedur validasi data dilakukan melalui triangulasi teknik, member checking, dan diskusi antarsejawat. Triangulasi teknik dilakukan dengan membandingkan data verbal hasil protokol *Think-Aloud*, dokumen hasil pekerjaan tertulis (gambar dan klasifikasi siswa), serta hasil wawancara untuk memastikan konsistensi alur berpikir subjek. Mekanisme *member checking* diterapkan dengan mengonfirmasi interpretasi peneliti kepada siswa untuk menghindari miskonsepsi. Terakhir, diskusi mendalam dengan rekan sejawat

(*peer debriefing*) dilakukan untuk meninjau kembali kategori pengkodean, sehingga hasil penelitian mengenai proses abstraksi dan klasifikasi ini memiliki derajat kepercayaan yang tinggi dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan ini menyajikan sintesis antara temuan empiris di lapangan dan kerangka teoretis mengenai pengembangan pemahaman konseptual melalui proses kognitif berupa abstraksi dan klasifikasi. Secara khusus, analisis diarahkan untuk mengungkap bagaimana subjek melakukan abstraksi sifat-sifat geometris dan mengklasifikasikan objek berdasarkan atribut esensialnya guna mencapai solusi yang logis. Melalui integrasi data verbal dan bukti tertulis, bagian ini akan memaparkan perjalanan kognitif siswa dalam mengatasi hambatan belajar serta membangun struktur pengetahuan yang lebih mendalam terkait materi bangun datar.

3.1 Hasil

Bagian ini memaparkan data yang diperoleh dari subjek siswa kelas 5 SD melalui instrumen Tugas Geometri Konseptual (TGBK) yang berorientasi pada soal PISA. Fokus utama pemaparan data adalah pada dinamika transisi strategi kognitif, fluktuasi beban kognitif, serta efektivitas kemampuan metakognisi subjek selama proses penyelesaian masalah. Seluruh data yang disajikan telah melalui tahap reduksi dan pengodean sistematis untuk memastikan bahwa setiap fenomena psikologis yang teramati secara langsung menjawab tujuan penelitian mengenai pengembangan kemampuan abstraksi dan klasifikasi siswa. Bukti artefak kognitif berupa hasil pengerjaan tertulis siswa memberikan gambaran konkret mengenai transisi strategi dan manifestasi visual dari proses berpikir subjek (Muhaimin et al., 2024). Gambar ini mencerminkan bagaimana dinamika internal yang terekam dalam protokol *Think Aloud* diterjemahkan ke dalam coretan matematis dan modifikasi angka secara dinamis.

Gambar 3. Hasil Pengerjaan Siswa

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa subjek menunjukkan aktivitas metakognitif berupa koreksi mandiri (*self-correction*) saat mengevaluasi hasil perhitungan luas bangun datar. Subjek awalnya memperoleh hasil kalkulasi sebesar 20. Namun, ketika mengonfrontasi hasil tersebut dengan kendala kontekstual pada soal, yakni keharusan membagi area secara merata kepada 6 anak. Subjek memodifikasi parameter tersebut menjadi 18 agar terbagi habis ($18 \div 6 = 3$). Merujuk pada indikator metakognisi, tindakan ini mempresentasikan proses pemantauan (*monitoring*) dan evaluasi, dimana subjek menyadari adanya disonansi antara hasil algoritmik awal dengan tuntutan logis penyelesaian masalah (Hutabarat et al., 2025).

Meskipun demikian, interpretasi terhadap modifikasi angka ini perlu dikaji dengan lebih saksama. Di satu sisi, tindakan tersebut dapat mengindikasikan penalaran adaptif (*adaptive reasoning*), di mana subjek berupaya menyelaraskan kalkulasi matematis dengan realitas empiris dari masalah. Namun, di sisi lain, perubahan parameter bilangan secara langsung tanpa rekonstruksi rumus yang sistematis justru lebih kuat mengarah pada strategi *trial and error* yang pragmatis. Alih-alih merefleksikan fleksibilitas kognitif yang utuh, subjek tampaknya mengambil jalan pintas pragmatis untuk menghindari hasil pembagian bersiswa (fraksi) (Santika et al., 2025). Gambaran bahwa pemahaman konseptual siswa mulai berkembang melampaui perhitungan mekanis, namun masih membutuhkan penguatan dalam menjustifikasi langkah matematis.

Kedalaman proses berpikir subjek selama pengerjaan tugas dipaparkan secara lebih rinci melalui data verbal yang terangkum dalam tabel hasil protokol *Think Aloud* berikut. Tabel ini memetakan transisi psikologis subjek secara kronologis, mulai dari fase identifikasi awal hingga tahap refleksi akhir sebagai bentuk validasi solusi.

Tabel 1. Hasil *Think Aloud*

Fenomena Psikologi	Indikator / Perilaku	Contoh Ucapan	Catatan Pengamat
Regulasi diri dalam belajar	Fokus menghitung	1,2,3,4,5,6, ... sisi sejajar \times tinggi	Awal sudah langsung fokus ke soal
Strategi kognitif	Menyebutkan Langkah-langkah	Sisi sejajar $6 + 4 = 10$ terus tingginya 4	Mulai <i>verbalizing</i> langkah
Kecemasan akademik	Overthinking	$\frac{1}{2} \times 10$ eh $\frac{1}{2} \times 10 = 10:2 = 5$. Berarti $5 \times 10 = 50$. Eh (baca soal) ini 50. sulit (Sambil muka mengkerut dan mencoret-coret kertas)	Mulai cemas dan <i>overthinking</i>
Beban kognitif meningkat	Berhenti 4 detik, wajah bingung	$\frac{1}{2} \times 10 \times 4$ berarti $\frac{1}{2} \times 10 = 5$. 5×4 . Eemmm (sambil mencoret-coret kertas). $5 \times 4 = 20$ dibagi 6 anak	<i>Cognitive load</i> terlihat

Motivasi/ketekunan	Tetap memandang soal dan mencoba lagi.	Berarti ini $20 \div 6$ anak (mencoret-corek kertas). Berpikir sejenak. $\frac{1}{2} \times 10 \times 4 = 10 \times 4 \div 2 = 20$. Ingin dibagi ke enam anaknya.	Tetap semangat menghitung
Metakognisi	Mengecek ulang langkah	Tapi di sini gak ada cm-nya. Jadi aku ga bisa menghitung.	Menunjukkan selfmonitoring
Strategi alternatif	Mengubah cara	Berarti di sini $20 \div 6 =$ sambil ketok meja hasilnya 3, eh 3 kan hasilnya 18, berarti koma hasilnya. Soalnya ini 5, ini 3, ini. $\frac{1}{2} \times 5 \times 6$ eh $30 \div 2 =$ eh 25 berarti in ikan 25 berarti $25 \div 6 =$ (sambil ketok-ketok meja) itu aja hasilnya masih 4,25	Berani mencoba hal baru.
Self-efficacy meningkat	Lebih yakin dengan caranya sendiri	$\frac{1}{2} \times 18 = 9$ eh $9 \times 3 = 18$. $18 \div 6 = 3$, 9 sambil ketok-ketok meja berarti $3 = 18$. Artinya ini kalau bersih. Berarti sisi ini 6, sisi ini 3, sisi ini 12. Rumus trapezium $\frac{1}{2} \times$ sisi sejajar \times tinggi. Tingginya 3. $\frac{1}{2} \times 6 + 12 = 18 \times 3$ karena semua ini dibagi 6 $= 9 \times 3 = 18 \div 6 = 3$. 18 dibagi berapa yang hasilnya 6. Berarti $18 \div 3 = 6$.	Kepercayaan diri naik walaupun salah.
Metakognisi akhir	Mengecek hasil	Jadi setiap anak mendapatkan 3 potongan dari bentuk trapesium. Segi dari trapesium luas $18 \div 3 = 6$. Berarti 6 anaknya mendapatkan 3 bagian potongan	Penutup yang reflektif

Tabel 1 menunjukkan bahwa subjek mengawali proses dengan regulasi diri yang baik melalui strategi kognitif berupa verbalisasi langkah-langkah penghitungan. Meskipun sempat mengalami lonjakan beban kognitif dan kecemasan saat menghadapi pembagian yang menghasilkan angka desimal (hasil $20 \div 6$). Subjek berhasil menunjukkan ketekunan melalui penggunaan strategi alternatif dengan menyesuaikan luas total agar menjadi angka yang habis dibagi. Secara kualitatif, terdapat perkembangan signifikan pada aspek metakognisi, di mana subjek secara aktif memantau jalannya penghitungan dan mengakhiri proses dengan aktivitas refleksi untuk memvalidasi kesesuaian antara hasil akhir dan pertanyaan pada soal (Syamsuddin et al., 2023).

Guna mengonfirmasi alasan di balik tindakan dan ucapan subjek selama sesi pengerjaan, dilakukan wawancara retrospektif yang difokuskan pada mekanisme abstraksi dan klasifikasi sifat-sifat geometris. Hasil konfirmasi ini bertujuan untuk menjamin keabsahan temuan (*member checking*) dengan memastikan bahwa interpretasi peneliti selaras dengan skema berpikir asli subjek.

Tabel 2. Hasil Wawancara

Pertanyaan Peneliti	Jawaban Siswa	Indikator Kognitif
Saat pertama kali melihat gambar tanah tersebut, apa yang membuat Adik yakin bahwa itu adalah bentuk trapesium?	Saya perhatikan sisi atas dan bawahnya itu lurus sejajar, Kak, tapi sampingnya miring. Karena sifatnya punya sepasang sisi sejajar, saya langsung tahu ini pasti trapesium.	Abstraksi & Klasifikasi: Siswa menangkap atribut esensial (sisi sejajar) untuk menentukan kategori bangun.
Tadi di catatan, Adik sempat berhenti agak lama karena tidak ada satuan cm. Apa yang Adik pikirkan saat itu?	Iya Kak, saya bingung. Biasanya kalau di sekolah harus ada cm supaya jelas menghitungnya. Saya takut salah hitung kalau cuma angka saja, jadi terasa lebih sulit.	Hambatan Konseptual: Siswa mengalami beban kognitif saat menghadapi situasi nonrutin (tanpa unit formal).
Kakak lihat Adik sempat mencoret angka 20 dan menggantinya dengan 18. Kenapa Adik memilih angka 18?	Tadi saya hitung hasilnya 20, tapi kalau dibagi ke 6 anak hasilnya jadi koma-koma. Jadi saya coba cari angka luas yang bersih dan bisa dibagi 6, makanya saya pakai 18 supaya hasilnya pas 3.	Metakognisi & Regulasi Diri: Siswa melakukan <i>self-monitoring</i> dan mengubah strategi untuk menyelaraskan hasil dengan kendala soal.
Bagaimana cara Adik memastikan bahwa setiap anak mendapatkan bagian yang adil?	Saya hitung dulu luas totalnya pakai rumus jumlah sisi sejajar kali tinggi, terus dibagi dua. Setelah ketemu luasnya 18, saya bagi enam, jadi masing-masing dapat 3 bagian yang sama.	Pemahaman Konseptual: Siswa mampu menjelaskan alasan di balik prosedur yang dilakukan
Apakah Adik merasa lebih yakin setelah mengecek ulang jawaban tadi?	Iya, Kak, awalnya sempat ragu dan coret-coret terus. Tapi setelah saya cek lagi rumusnya dan hasilnya tidak koma, saya jadi yakin kalau pengerjaannya sudah benar.	<i>Self-Efficacy</i> : Kepercayaan diri siswa meningkat setelah berhasil melakukan validasi mandiri.

Data dalam Tabel 2 secara eksplisit menjawab tujuan penelitian dengan menunjukkan bahwa subjek telah mencapai tahap abstraksi yang matang dalam materi geometri. Subjek mampu mengekstraksi atribut esensial bangun datar, yakni keberadaan sepasang sisi sejajar, untuk mengklasifikasikan objek tersebut ke dalam kategori trapesium secara tepat. Selain itu, alasan subjek mengenai pemilihan angka 18 memperkuat temuan bahwa pemahaman konseptualnya telah berkembang secara sistematis, di mana subjek mampu mengorganisasi informasi berdasarkan logika pembagian yang adil, bukan sekadar mengikuti prosedur perhitungan angka mentah. Analisis ini membuktikan bahwa penguatan proses kognitif melalui abstraksi dan klasifikasi efektif dalam membangun daya nalar matematis yang tangguh pada siswa sekolah dasar (Khasanah et al., 2019; Niyazova et al., 2022).

3.2 Pembahasan

Pembahasan ini mengintegrasikan temuan empiris yang diperoleh melalui triangulasi teknik antara artefak tertulis, protokol *Think Aloud* (TAP), dan wawancara retrospektif untuk merekonstruksi dinamika kognitif subjek. Fokus utama analisis diarahkan pada bagaimana proses kognitif, khususnya abstraksi dan klasifikasi, berperan dalam

mengatasi beban kognitif (*cognitive load*) yang tinggi saat subjek menghadapi tantangan geometri nonrutin. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat sinkronisasi yang kuat antara apa yang diungkapkan subjek (data verbal), apa yang dilakukan (artefak tertulis), dan alasan di balik tindakan tersebut (data wawancara).

Dinamika kognitif subjek menunjukkan bahwa kemampuan abstraksi menjadi kunci utama dalam transisi dari tahap visualisasi menuju tahap analisis. Saat menghadapi soal pada Gambar 1, subjek tidak sekadar mengenali bentuk secara holistik, tetapi juga melakukan ekstraksi terhadap atribut invarian berupa sepasang sisi sejajar. Hal ini selaras dengan temuan Miyauchi & Thamburaj (2025) yang menyatakan bahwa penalaran geometris yang efektif dimulai ketika siswa mampu mengabstraksi properti spasial objek untuk membangun kategori mental yang stabil. Keberhasilan subjek dalam mengklasifikasikan bangun tersebut sebagai trapesium berdasarkan sifat sisi sejajarnya mengonfirmasi bahwa subjek telah mencapai Level 1 (Analisis) pada hierarki Van Hiele, di mana identifikasi bangun didasarkan pada properti penyusunnya, bukan sekadar kemiripan visual (Mbusi & Luneta, 2021). Namun, dengan memberikan ruang kritis terhadap teori Van Hiele, temuan ini menunjukkan bahwa transisi level pemikiran geometri tidak selalu bersifat mutlak dan berurutan secara kaku. Proses kognitif subjek tampak lebih fluktuatif saat beban kognitif meningkat, subjek sesekali kembali mengandalkan identifikasi visual. Hal ini memberikan interpretasi alternatif bahwa hierarki Van Hiele lebih tepat dipandang sebagai spektrum yang dinamis alih-alih tangga tahapan yang diskret.

Fenomena kritis terjadi saat subjek mengalami lonjakan beban kognitif akibat kompleksitas perhitungan luas yang menghasilkan angka desimal (20 dibagi 6). Data TAP pada Tabel 1 menunjukkan adanya fase kebuntuan (*stuck*) yang ditandai dengan jeda verbal dan gestur kebingungan. Namun, alih-alih menyerah, subjek menunjukkan kemampuan regulasi diri yang progresif dengan melakukan modifikasi strategi. Pengubahan angka luas dari 20 menjadi 18 untuk menyesuaikan dengan jumlah anak (enam orang) merupakan bentuk *flexible mathematical thinking*. Menurut Mata (2023), kemampuan siswa dalam mengelola beban kognitif melalui strategi alternatif menunjukkan kematangan skema kognitif. Meskipun demikian, interpretasi alternatif perlu dipertimbangkan. Tindakan modifikasi angka ini tidak serta-merta merepresentasikan fleksibilitas pemikiran matematis (*flexible mathematical thinking*) yang utuh. Hal ini juga dapat diinterpretasikan sebagai strategi *trial and error* yang pragmatis, di mana subjek melakukan kompromi kognitif sekadar untuk menghindari operasi hitung pecahan yang rumit.

Secara kritis, temuan ini memperkuat posisi bahwa pemahaman konseptual tidak bersifat linier, melainkan melalui siklus evaluasi mandiri (*self-correction*). Penggunaan protokol *Think Aloud* mengungkap bahwa hambatan konseptual subjek sering kali dipicu oleh ketergantungan pada unit formal (seperti cm), yang dalam literatur disebut sebagai

contextual dependence (Karamik, 2023). Namun, melalui proses wawancara konfirmasi, terungkap bahwa kegagalan awal dalam perhitungan bukan disebabkan oleh ketidaktahuan rumus, melainkan oleh upaya metakognitif untuk mencapai solusi yang adil dan bersih secara matematis. Hal ini menunjukkan bahwa klasifikasi dalam geometri bagi siswa SD tidak hanya melibatkan kategori bentuk, tetapi juga kategorisasi relasional antara data yang tersedia dan logika penyelesaian masalah.

Keaslian dan kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengungkapan mekanisme implisit bahwa kesalahan prosedural (seperti memanipulasi perhitungan luas) bukan sekadar indikator kegagalan, melainkan bagian integral dari evolusi abstraksi konseptual. Penelitian ini membuktikan bahwa coretan pada lembar jawaban pada Gambar 3 merupakan representasi aktivitas metakognitif yang kompleks, di mana abstraksi sifat geometri memandu modifikasi angka untuk mencapai konsistensi logis. Temuan ini memberikan kontribusi praktis bagi pendidik untuk tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada lintasan berpikir siswa, karena proses yang salah dalam perhitungan bisa menjadi bagian dari proses yang benar dalam abstraksi konseptual. Dalam tinjauan studi kasus yang lebih mendalam, subjek menunjukkan profil kognitif yang unik dalam menjembatani pengalaman konkret dengan manipulasi simbolik. Tahapan transisi ini dimulai dengan fase orientasi, di mana subjek melakukan observasi visual terhadap Gambar 1. Berbeda dengan pandangan tradisional yang menganggap siswa SD kelas 5 masih sepenuhnya terikat pada objek fisik, subjek dalam penelitian ini menunjukkan kemampuan untuk melakukan abstraksi reflektif. Subjek tidak memerlukan alat peraga fisik untuk menentukan sifat sejajar, melainkan menggunakan representasi mental yang kuat untuk melakukan klasifikasi secara hierarkis. Hal ini sejalan dengan konsep *productive struggle* atau *constructive errors*, bahwa kesalahan prosedural pada siswa sering kali memicu disonansi kognitif yang memfasilitasi reorganisasi skema mental. Studi ini membuktikan bahwa kesalahan tersebut justru menjadi batu pijakan metakognitif bagi subjek untuk menyelaraskan properti geometri dengan konsistensi logis persoalan.

Kajian teori perkembangan kognitif terbaru oleh Jatmiko et al. (2025) menekankan bahwa lintasan belajar geometri yang sukses bergantung pada kemampuan siswa untuk mengintegrasikan informasi spasial ke dalam skema numerik. Dalam kasus ini, ketika subjek mengubah angka 20 menjadi 18, terjadi integrasi antara pemahaman struktur geometri (luas trapesium) dan pemahaman aritmetika (pembagian). Tindakan ini dapat dipandang sebagai bentuk *intentional conceptual change*, di mana siswa secara sadar memprioritaskan logika pembagian yang adil di atas akurasi data mentah yang dirasa tidak konsisten dengan konteks soal. Hal ini memperlemah anggapan bahwa siswa SD selalu bersifat prosedural-rigid; sebaliknya, subjek membuktikan adanya fleksibilitas kognitif yang tinggi ketika proses berpikirnya didorong melalui aktivitas yang memicu abstraksi dan klasifikasi secara simultan.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki batasan dalam cakupan subjek tunggal yang bersifat spesifik, sehingga dinamika kognitif yang ditemukan mungkin dipengaruhi oleh kemampuan komunikasi verbal subjek yang unggul. Oleh karena itu, temuan ini tidak ditujukan untuk generalisasi terhadap populasi seluruh siswa sekolah dasar. Dampaknya, generalisasi temuan terhadap siswa dengan tingkat kecemasan matematis yang lebih tinggi perlu dilakukan dengan hati-hati. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi bagaimana stimulasi verbal terpandu dapat membantu siswa dengan beban kognitif tinggi dalam melakukan abstraksi sifat geometri secara lebih sistematis.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi aktivitas abstraksi dan klasifikasi terbukti efektif dalam menjembatani transisi kognitif siswa dari tahap visual menuju tahap analisis dalam hierarki Van Hiele. Temuan utama menegaskan bahwa modifikasi strategi dan kesalahan prosedural yang muncul saat siswa menghadapi beban kognitif (*cognitive load*) yang tinggi bukanlah indikasi ketidakmampuan matematis. Sebaliknya, fenomena *self-correction* tersebut merupakan bagian integral dari proses perkembangan abstraksi konseptual dan wujud keluwesan penalaran matematis.

Implikasi praktis dari studi ini mendorong guru untuk lebih memvalidasi lintasan berpikir metakognitif siswa dibandingkan sekadar berfokus pada ketepatan hasil komputasi. Mengingat batasan penelitian ini, studi lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi efektivitas simulasi verbal terpandu dalam mengelola beban kognitif pada sampel yang lebih heterogen. Selain itu, pengembangan desain instruksional yang berfokus pada stabilitas skema klasifikasi hierarkis bangun datar sangat diperlukan untuk memperkuat fondasi nalar spesifik siswa secara berkelanjutan.

5. REKOMENDASI

Berdasarkan temuan penelitian ini, rekomendasi untuk penelitian keberlanjutan adalah memperluas cakupan subjek penelitian agar melibatkan variasi tingkat kemampuan matematis dan latar belakang kognitif yang lebih heterogen, guna menguji stabilitas temuan mengenai mekanisme abstraksi dan klasifikasi. Penelitian mendatang disarankan untuk mengembangkan desain instruksional atau media pembelajaran berbasis *scaffolding* yang secara spesifik dirancang untuk mengurangi *intrinsic cognitive load* melalui stimulasi verbal terpandu, sehingga membantu siswa mengelola transisi dari ketergantungan pada konteks unit formal menuju pemahaman atribut geometri yang lebih abstrak. Selain itu, ide mengenai integrasi tahapan Van Hiele dengan proses kognitif simultan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi instrumen diagnostik digital yang mampu memetakan lintasan berpikir siswa secara *real-time*. Fokus keberlanjutan ini diharapkan tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual siswa terhadap materi bangun datar, tetapi juga memberikan kontribusi praktis yang lebih luas bagi guru

dalam merancang intervensi metakognitif yang adaptif terhadap hambatan belajar spesifik siswa di tingkat sekolah dasar.

6. REFERENSI

- Andam, E. A., Awuah, F. K., & Obeng-Denteh, W. (2025). Analysis of Grade 11 students' conceptual understanding in probability concepts: A Perspective of Skemp Understanding Theory. *East African Journal of Education Studies*, 8(2), 358–374. <https://doi.org/10.37284/eajes.8.2.2987>
- Firdaus, A., Maryono, I., & Solehudin, S. (2024). Analisis kemampuan abstraksi matematis berdasarkan teori Van Hiele pada siswa sekolah menengah atas. *Jurnal Perspektif*, 8(1), 106. <https://doi.org/10.15575/jp.v8i1.273>
- Hartanti, I. P., Purnomo, E. A., & Aziz, A. (2025). Design of the Mathsolve learning media with a problem-solving approach by Schoenfeld on sequences and series material. *Journal of Mathematic Education*, 7(1), 288–308.
- Hatip, A., & Setiawan, W. (2021). Analisis proses berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah geometri berdasarkan teori Van Hiele. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 87–97. <https://doi.org/10.36277/deferemat.v8i1.2261>
- Hutabarat, K. H., Azzahra, A. R., Fahrunnisa, B., Luhukay, M. Z., Azzahra, N. N., & Putri, H. E. (2025). Pemahaman konseptual peserta didik terhadap sifat-sifat bangun datar berdasarkan teori Van Hiele. *De Fermat : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 98–103. <https://doi.org/10.36277/deferemat.v8i1.2261>
- Islamiati, M. P. (2022). Studi Kasus kemampuan abstraksi matematis siswa kelas XII pada materi dimensi tiga. *Didactical Mathematics*, 4(1), 127–137. <https://doi.org/10.31949/dm.v4i1.2076>
- Ismiyati, N. (2023). Deskripsi proses abstraksi matematika siswa berdasarkan gaya kognitif konseptual tempo. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 267–277. <https://doi.org/10.30605/proximal.v6i1.2301>
- Jatmiko, J., Retnawati, H., & Rohman, A. (2025). Planning strategy through reduce cognitive load of secondary school students: Brief metacognitive development analysis. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(4). <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i4.6429>
- Karamık, G. A. (2023). Investigating the effects of mathematics problems prepared in the context of sustainability on academic achievement, attitudes and awareness of sustainability. *Lumat: Internatioal Journal on Math, Science and Technology Education*, 11(1), 91–117. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.11.1.1885>
- Khasanah, N., Nurkaidah, N., Dewi, R., & Prihandika, Y. A. (2019). The process of student's mathematic abstract from spatial intelligence. *Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 9(2), 24. <https://doi.org/10.20961/jmme.v9i2.48396>
- Kholid, I., Al Basyari, M. M., Saman, S., Nurhadi, N., & Mulhat, M. (2025). Menumbuhkan pemahaman konseptual matematika melalui deep learning: sebuah kajian sistematik literatur. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(4), 1494–1506. <https://doi.org/10.30605/pedagogy.v10i4.7108>
- Kilicoglu, E., & Kaplan, A. (2022). Predicting the mathematical abstraction processes using the revised Bloom's Taxonomy: Secondary school 7th graders. *Athens Journal of Education*, 9(2), 237–256. <https://doi.org/10.30958/AJE.9-2-4>
- Mata, A. (2023). Overconfidence in the Cognitive Reflection Test: Comparing Confidence

- resolution for reasoning vs. general knowledge. *Journal of Intelligence*, 11(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11050081>
- Mbusi, N., & Luneta, K. (2021). Mapping pre-service teachers' faulty reasoning in geometric translations to the design of Van Hiele phase-based instruction. *South African Journal of Childhood Education*. <https://doi.org/10.4102/sajce.v11i1.871>
- Miyauchi, H., & Thamburaj, R. (2025). Exploratory study on geometric learning of students with blindness in mainstream classrooms: Teachers' perspectives using the Van Hiele Theory. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci15040475>
- Mudhefi, F., Mabotja, K., & Muthelo, D. (2024). The use of Van Hiele's geometric thinking model to interpret Grade 12 learners' learning difficulties in Euclidean Geometry. *Perspectives in Education*. <https://doi.org/10.38140/pie.v42i2.8350>
- Muhaimin, L. H., Sholikhakh, R. A., Yulianti, S., Ardani, Hendriyanto, A., & Sahara, S. (2024). Unlocking the secrets of students' mathematical literacy to solve mathematical problems: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(4). <https://doi.org/10.29333/ejmste/14404>
- Nadilia, B., & Wijayanti, P. (2023). Abstraksi reflektif siswa smp dalam menyelesaikan masalah matematika ditinjau dari kemampuan matematika. *MATHEdunesa: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 12(3), 684-697. <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v12n3.p684-697>
- Niyazova, G. B., Utemov, V. V., Savina, T. N., Karavanova, L. Z., Karnaukh, I. S., Zakharova, V. L., & Galimova, E. G. (2022). Classification of open mathematical problems and their role in academic achievement and motivation of students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(8), em2142. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/12265>
- Risdiyanti, I., Charitas, R., & Prahmana, I. (2018). Etnomatematika : Eksplorasi dalam permainan Jawa. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 2(1), 1–11. <http://doi.org/10.31331/medives.v2i1.523>
- Santika, S., Nugraha, D. A., & Prabawati, M. N. (2025). Enhancing mathematical modeling and ethnomathematics learning through virtual reality: A case study in higher education. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 167–182. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v14i1.2021>
- Scheja, B., & Rott, B. (2024). Mathematical tasks: A review of classification systems. *Mathematics Education Research Journal*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s13394-024-00506-z>
- Syamsuddin, A., Idawati, Haking, H., Tonra, W. S., & Syukriani, A. (2023). Designing worksheets to improve reflective thinking for elementary school students on the solid figure subject. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 12(2), 349–366. <https://doi.org/10.36941/ajis-2023-0054>