

Analisis Struktur Berpikir Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Aljabar Berdasarkan Teori APOS

Sinta Wati*, Prahesti Tirta Safitri, Prawidi Wisnu Subroto

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Tangerang, Tangerang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: sinta@umt.ac.id

Received: 19-05-2026; Revised: 08-06-2026; Published: 30-06-2026

Abstract: This study aims to analyze students' thinking structures in solving algebraic problems based on APOS theory, which consists of action, process, object, and schema stages. This research employed a qualitative approach with a case study method. The subjects were 32 students of class VIII-6 at SMPN 27 Kota Tangerang in the 2026/2027 academic year. Data were collected through algebraic problem-solving tests, semi-structured interviews, and documentation of students' written work. The data were analyzed through data reduction, data presentation, and conclusion drawing based on the indicators of APOS stages. The findings showed that students' thinking structures varied according to their ability levels. High-ability students reached the action, process, and object stages because they were able to understand the problem information, determine variables, construct algebraic models, solve problems systematically, and provide appropriate conclusions. Moderate-ability students were generally at the action and process stages because they were able to construct algebraic models and perform calculations, but they had not fully reflected on the results as an integrated conceptual structure. Meanwhile, low-ability students remained at the action stage because they were only able to follow basic procedures without fully understanding the relationships among variables. These findings indicate that most students still need gradual and reflective algebra learning that emphasizes the development of conceptual understanding.

Keywords: thinking structure, algebra, APOS theory, problem solving, junior high school students.

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar berdasarkan teori APOS yang meliputi tahap aksi, proses, objek, dan skema. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus. Subjek penelitian adalah 32 siswa kelas VIII-6 SMPN 27 Kota Tangerang tahun ajaran 2026/2027. Data dikumpulkan melalui tes pemecahan masalah aljabar, wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi hasil pekerjaan siswa. Analisis data dilakukan melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan berdasarkan indikator tahapan APOS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur berpikir siswa bervariasi sesuai dengan kategori kemampuannya. Siswa berkemampuan tinggi mampu mencapai tahap aksi, proses, dan objek karena dapat memahami informasi soal, menentukan variabel, menyusun model aljabar, menyelesaikan prosedur secara sistematis, dan memberikan simpulan yang tepat. Siswa berkemampuan sedang berada pada tahap aksi dan proses karena mampu membentuk model aljabar dan melakukan perhitungan, tetapi belum sepenuhnya merefleksikan hasil sebagai satu kesatuan konsep. Sementara itu, siswa berkemampuan rendah masih berada pada tahap aksi karena hanya mampu mengikuti prosedur dasar tanpa memahami hubungan antarvariabel secara utuh. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih memerlukan pembelajaran aljabar yang bertahap, reflektif, dan berorientasi pada pembentukan pemahaman konseptual.

Kata kunci: struktur berpikir, aljabar, teori APOS, pemecahan masalah, siswa SMP.

PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu ilmu pengetahuan dasar yang penting diajarkan pada semua jenjang pendidikan, mulai dari tingkat dasar hingga perguruan tinggi melalui pendidikan formal (Hafriani, 2021), yang tidak hanya mengasah pada keterampilan numerik, tetapi juga pada proses berpikir (Isnaintri et al., 2023). Dalam perkembangannya, matematika berperan dalam

melatih pola pikir yang terstruktur serta membantu siswa memahami fenomena berdasarkan data empiris (Thessa, 2025). Selain itu, mendorong terciptanya inovasi, baik dari sudut pandang teoritis maupun terapan (Aminudin et al., 2020). Oleh karena itu, matematika dapat dimanfaatkan untuk membekali siswa dengan kemampuan memecahkan masalah secara efektif (Gultom et al., 2022).

Salah satu cabang matematika yang krusial adalah aljabar. Dalam penerapannya, kemampuan tersebut dapat dikembangkan melalui berbagai cabang matematika, salah satunya adalah aljabar. Aljabar merupakan pelajaran awal pada tingkat SMP, materi aljabar ini memuat simbol (berupa huruf), variabel dan persamaan, dimana proses penyelesaiannya tidak dapat dilakukan secara langsung, melainkan memerlukan tahapan tertentu untuk menemukan solusi yang tepat (Kulsum & Yudhanegara, 2023). Konsep aljabar dapat mendukung kemampuan tersebut dikarenakan secara tersirat maupun tersurat berperan penting dalam berbagai aktivitas kehidupan sehari-hari misalnya, terkait jual beli, usia, kepemilikan dan konteks lainnya (Faizah et al., 2022). Meskipun aljabar memiliki peran penting, kenyataannya banyak siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan persoalan aljabar di antaranya; (1) tidak terbiasa dengan sintaks aljabar; (2) bingung dengan penggunaan variabel dalam aljabar; (3) penemuan aljabar yang terlalu abstrak (Nihayah, 2021). Hal ini terjadi karena belum adanya kesesuaian antara struktur berpikir siswa dengan masalah yang dihadapi, yang disebabkan oleh suatu fragmentasi pada struktur berpikir siswa (Rohmah & Rahma, 2023).

Struktur berpikir dalam matematika merujuk pada susunan proses kognitif yang membentuk cara siswa memahami informasi, merumuskan konsep, menggunakan representasi, menghubungkan berbagai ide, serta memecahkan masalah secara logis dan sistematis. Dalam konteks pembelajaran matematika, struktur berpikir tidak hanya berkaitan dengan kemampuan melakukan prosedur perhitungan, tetapi juga mencakup kemampuan berpikir abstrak, merepresentasikan konsep dalam bentuk angka, simbol, gambar, atau model matematika, serta melakukan penalaran deduktif dan pembuktian untuk memperoleh kesimpulan yang koheren (Suryana & Seruni, 2019; Handayani et al., 2019; Abdurahim, 2016; Nu'man, 2016). Siswa dengan struktur berpikir yang baik, mampu memahami hubungan antar variabel serta dapat memecahkan permasalahan aljabar dengan langkah-langkah yang benar. Seiring bertambahnya usia, kemampuan berpikir siswa dapat meningkat serta memungkinkan mereka menyelesaikan persoalan yang lebih kompleks (Fentriani, 2025). Oleh karena itu diperlukan proses berpikir untuk mengontrol apa yang dipikirkan dan apa yang dikerjakan (Safitri et al., 2020). Hal ini menuntut siswa untuk memiliki struktur berpikir yang sistematis, agar siswa dapat mengevaluasi strategi penyelesaian masalah dan menilai keakuratan hasil yang diperoleh (Putri et al., 2025). Struktur berpikir merupakan aktivitas kognitif yang tersusun secara terstruktur dalam memecahkan masalah matematis melalui empat komponen, yaitu melakukan penalaran, memprediksi, mencari formulasi dan membuktikan (Sari et al., 2021). Untuk mengkaji struktur berpikir tersebut, diperlukan empat tahapan yaitu aksi, proses, objek yang kemudian diorganisasikan menjadi suatu skema (Rahmawati & Khaerunnisa, 2022).

Salah satu teori yang mendukung struktur berpikir aljabar tersebut adalah APOS (*Action, Process, Object, Schema*). Teori APOS dikenal sebagai kerangka kerja yang dapat menggambarkan bagaimana pengetahuan matematika terbentuk pada diri seseorang (Rahmah et al., 2022). Selain itu, teori tersebut juga digunakan untuk mengukur sejauh mana penerapan APOS dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa dalam memahami masalah aljabar action process (Maulina, 2025). Pada tahap aksi, siswa mampu menyelesaikan masalah aljabar secara prosedural dengan adanya stimulus yang diberikan oleh guru. Tahap proses, siswa mampu menyelesaikan

masalah matematis tanpa adanya stimulus dari guru secara berulang-ulang menggunakan logikanya. Tahap objek, siswa melihatnya sebagai satu kesatuan konsep. Tahap terakhir yaitu skema, siswa dapat menyelesaikan permasalahan aljabar tanpa bantuan dari guru.

Kajian tentang teori APOS telah banyak digunakan untuk menganalisis bagaimana siswa membangun pemahaman matematika melalui tahapan aksi, proses, objek, dan skema. Dalam pembelajaran aljabar, teori APOS dipandang sebagai kerangka yang koheren untuk menelusuri cara siswa menginternalisasi ide-ide aljabar, terutama ketika mereka berhadapan dengan aktivitas simbolisasi, representasi, pembuktian, dan pemecahan masalah (Bressoud et al., 2016; Bosch et al., 2021; Matindike & Makonye, 2023). Beberapa penelitian juga telah mengembangkan pembelajaran berbasis APOS melalui siklus ACE atau pola sejenis yang meliputi aktivitas, diskusi kelas, dan latihan untuk membantu siswa melakukan abstraksi reflektif (Arnawa et al., 2012; Kılıçoğlu & Kaplan, 2019; Mutambara & Tsakeni, 2022). Bahkan, integrasi teknologi seperti GeoGebra dan ICT dalam pembelajaran berbasis APOS menunjukkan potensi dalam memperkuat konstruksi mental siswa, pemahaman konseptual, serta hubungan antara representasi visual, grafik, dan simbolik (Baye et al., 2021; Adhikari, 2021; Febrila et al., 2023; Bakri & Ching, 2021). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada desain pembelajaran, penguatan pemahaman konsep, pembuktian, atau penggunaan teknologi, sehingga belum banyak yang secara khusus menelaah struktur berpikir siswa SMP dalam menyelesaikan masalah aljabar berdasarkan tahapan APOS secara kualitatif dan kontekstual.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini fokus pada analisis terhadap struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar dengan menggunakan teori APOS sebagai kerangka utama. Penelitian ini tidak hanya menilai benar atau salahnya jawaban siswa, tetapi menelusuri bagaimana siswa memahami informasi, membentuk model aljabar, menjalankan prosedur penyelesaian, merefleksikan hasil, dan mengorganisasikan konsep ke dalam struktur mental yang lebih utuh. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memetakan posisi berpikir siswa pada tahap aksi, proses, objek, dan skema, khususnya pada konteks siswa kelas VIII SMPN 27 Kota Tangerang. Kebaruan lain dari penelitian ini adalah upayanya menghadirkan gambaran empiris mengenai variasi struktur berpikir siswa pada kategori kemampuan tinggi, sedang, dan rendah, sehingga hasilnya dapat menjadi dasar bagi guru dalam merancang pembelajaran aljabar yang lebih bertahap, reflektif, dan sesuai dengan kebutuhan kognitif siswa. Dengan menggunakan teori APOS, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian tentang berpikir aljabar serta memberikan arah praktis bagi pembelajaran yang tidak hanya menekankan prosedur, tetapi juga pembentukan pemahaman konseptual yang koheren.

Lebih lanjut, berdasarkan hasil studi pendahuluan melalui wawancara dengan guru dan kepala sekolah diperoleh informasi bahwa pengkajian struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar belum pernah dilakukan di SMPN 27 Kota Tangerang. Selama ini, kajian pembelajaran matematika di sekolah tersebut lebih banyak diarahkan pada hasil belajar, ketuntasan siswa, atau kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal secara prosedural, sehingga belum secara khusus menelusuri bagaimana proses berpikir siswa terbentuk ketika memahami konsep aljabar. Padahal, analisis struktur berpikir penting dilakukan untuk mengetahui tahapan kognitif siswa, mulai dari tahap aksi, proses, objek, hingga skema. Sehingga dapat dijadikan rujukan dalam memperbaiki proses pembelajaran. Dengan fokus terhadap struktur berpikir siswa, maka berguna untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran secara individual (Zahroh et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar berdasarkan teori APOS yang meliputi tahap aksi,

proses, objek, dan skema. Penelitian ini berupaya menelusuri bagaimana siswa memahami informasi dalam soal, membentuk model matematika, melakukan prosedur penyelesaian, merefleksikan hasil, serta mengorganisasikan konsep aljabar ke dalam struktur berpikir yang lebih utuh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dalam memperkaya kajian tentang struktur berpikir matematis siswa berdasarkan teori APOS, khususnya pada materi aljabar. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi praktis bagi guru matematika dalam merancang pembelajaran aljabar yang lebih bertahap, reflektif, dan sesuai dengan kemampuan kognitif siswa, sehingga pembelajaran tidak hanya menekankan pada jawaban akhir, tetapi juga pada proses berpikir siswa dalam membangun pemahaman konseptual.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk mendeskripsikan secara mendalam struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar berdasarkan teori APOS yang meliputi tahap aksi, proses, objek, dan skema. Melalui pendekatan kualitatif, peneliti tidak hanya menilai benar atau salahnya jawaban siswa, tetapi juga menelusuri proses berpikir yang muncul ketika siswa memahami masalah, membentuk model matematika, melakukan prosedur penyelesaian, merefleksikan hasil, dan menghubungkan konsep aljabar secara lebih utuh.

Penelitian dilaksanakan di SMPN 27 Kota Tangerang yang beralamat di Jalan Villa Tangerang Regency, Gebang Raya, Kecamatan Periuk, Kota Tangerang, Banten. Subjek penelitian adalah 32 siswa kelas VIII-6 tahun ajaran 2026/2027. Seluruh siswa diberikan tes pemecahan masalah aljabar untuk memperoleh gambaran umum mengenai kemampuan dan struktur berpikir siswa. Selanjutnya, tiga siswa dipilih sebagai subjek wawancara secara purposive, yaitu masing-masing mewakili kategori kemampuan tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan subjek wawancara didasarkan pada hasil tes, kelengkapan jawaban, serta keterwakilan karakteristik berpikir siswa pada setiap kategori kemampuan.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas tes pemecahan masalah aljabar, pedoman wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi hasil pekerjaan siswa. Tes pemecahan masalah berbentuk soal uraian digunakan untuk mengidentifikasi tahapan berpikir siswa berdasarkan indikator APOS. Pedoman wawancara semi-terstruktur digunakan untuk menggali alasan, strategi, dan pemahaman siswa dalam menyelesaikan soal aljabar. Dokumentasi berupa lembar jawaban siswa digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat hasil analisis. Sebelum digunakan, instrumen tes dan pedoman wawancara divalidasi oleh ahli untuk memastikan kesesuaian soal dengan tujuan penelitian, kejelasan bahasa, serta keterpenuhan indikator struktur berpikir berdasarkan teori APOS.

Prosedur penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap analisis data. Pada tahap persiapan, peneliti menyusun instrumen penelitian, melakukan validasi instrumen, serta melakukan revisi berdasarkan masukan validator. Pada tahap pelaksanaan, peneliti memberikan tes pemecahan masalah aljabar kepada seluruh siswa, mengelompokkan hasil tes ke dalam kategori kemampuan tinggi, sedang, dan rendah, kemudian melakukan wawancara terhadap subjek terpilih. Pada tahap analisis data, peneliti menganalisis jawaban tertulis dan hasil wawancara berdasarkan tahapan APOS untuk memperoleh gambaran struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar.

Data dianalisis melalui tiga tahap, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan

kesimpulan. Reduksi data dilakukan dengan memilah jawaban siswa, mengidentifikasi langkah penyelesaian, serta mengelompokkan temuan berdasarkan indikator aksi, proses, objek, dan skema. Penyajian data dilakukan dalam bentuk deskripsi naratif, tabel kategori kemampuan siswa, kutipan hasil wawancara, dan analisis jawaban siswa. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan menafsirkan kecenderungan struktur berpikir siswa pada setiap kategori kemampuan. Keabsahan data diperkuat melalui triangulasi teknik, yaitu membandingkan hasil tes, wawancara, dan dokumentasi pekerjaan siswa, sehingga hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih valid mengenai struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar berdasarkan teori APOS yang meliputi tahap aksi, proses, objek, dan skema. Penelitian dilaksanakan di SMPN 27 Kota Tangerang dengan subjek penelitian siswa kelas VIII-6 tahun ajaran 2026/2027 yang berjumlah 32 siswa. Data penelitian diperoleh melalui tes pemecahan masalah aljabar berbentuk uraian, wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi hasil pekerjaan siswa.

Untuk memperoleh gambaran awal mengenai kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar, peneliti memberikan tes pemecahan masalah kepada 32 siswa kelas VIII-6 SMPN 27 Kota Tangerang. Adapun distribusi hasil tes siswa disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Tes Siswa

Nilai	Frekuensi	Persentase	Kategori
75 – 100	2	6,25%	Tinggi
55 – 75	11	31,25 %	Sedang
0 – 54	19	62,5%	Rendah
Jumlah	32	100%	
Rata – Rata		53,4	
Kategori			Rendah

Berdasarkan Tabel 1, hasil tes pemecahan masalah aljabar menunjukkan bahwa kemampuan siswa kelas VIII-6 SMPN 27 Kota Tangerang masih didominasi oleh kategori rendah. Dari 32 siswa yang mengikuti tes, sebanyak 2 siswa atau 6,25% berada pada kategori tinggi, 11 siswa atau 34,38% berada pada kategori sedang, dan 19 siswa atau 59,38% berada pada kategori rendah. Nilai rata-rata siswa sebesar 53,4 juga menunjukkan bahwa secara umum kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar masih berada pada kategori rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa belum sepenuhnya mampu memahami informasi dalam soal, membentuk model aljabar, serta menyelesaikan masalah secara sistematis. Oleh karena itu, hasil pada Tabel 1 menjadi dasar awal untuk menganalisis lebih lanjut struktur berpikir siswa berdasarkan tahapan APOS, yaitu aksi, proses, objek, dan skema.

Siswa dengan kemampuan Tahap Tinggi (S1)

Gambaran lebih mendalam mengenai struktur berpikir siswa pada kategori kemampuan tinggi, peneliti menganalisis hasil pekerjaan salah satu subjek yang mewakili kategori tersebut, yaitu subjek S1 berinisial AZ. Analisis terhadap jawaban siswa dilakukan untuk melihat bagaimana siswa memahami informasi dalam soal, menentukan variabel, menyusun model aljabar, melakukan prosedur penyelesaian, serta memberikan simpulan akhir. Berdasarkan teori

APOS, jawaban subjek S1 dianalisis melalui tahapan aksi, proses, objek, dan skema agar dapat diketahui sejauh mana struktur berpikir siswa terbentuk dalam menyelesaikan masalah aljabar. Adapun hasil pekerjaan subjek S1 disajikan pada Gambar 1 berikut.

The image shows two pages of handwritten mathematical work. The left page contains two problems. The first problem involves finding the ages of Budi and Andi. Budi's age is x and Andi's age is $x+3$. The sum of their ages is 27. The student solves for $x=12$ and then finds Andi's age as 15. The second problem involves the prices of a book (x) and a pen (y). The book costs 11,000 and the pen costs 7,000. The total cost is 10,000. The student solves for $x=4,000$ and $y=3,000$. The right page contains two more problems. The first problem involves a rectangle with length x and width y . The perimeter is 40 and the area is 96. The student solves for $x=8$ and $y=12$. The second problem involves two numbers. The first number is x and the second number is $2x$. The sum of the two numbers is 18. The student solves for $x=6$ and $2x=12$. The work is organized into sections labeled 'AKSI', 'PROSES', and 'OBJEK'.

Gambar 1. Jawaban S1 AZ

Seperti terlihat pada Gambar 1 di atas, dapat dinyatakan subjek AZ memiliki indikator kemampuan tingkat tinggi dikarenakan subjek S1 mampu menyelesaikan semua soal dengan akurat. Pada soal nomor 1, tahap aksi, siswa dapat menentukan variabel umur Budi dan umur Andi dalam bentuk aljabar yaitu x dan y untuk menyelesaikan permasalahan dengan langkah-langkah prosedural. Meskipun demikian, struktur berpikir yang terbentuk masih berada pada level *action-oriented*, dimana penguasaan kognitif dipandang sebagai serangkaian stimulus penyelesaian yang harus diikuti. Selanjutnya, Subjek AZ memasuki tahapan proses dengan mengintegrasikan setiap langkah dalam satu alur logika yang koheren, sehingga siswa mampu mengindikasikan yang bersifat internal dan reflektif. Kemudian subjek AZ menuju tahap objek dengan melakukan memperoleh nilai x untuk menentukan umur Andi yaitu $12 + 3 = 15$ dan y yang diperoleh pada level konstruksi sebelumnya sehingga menjadi suatu entitas matematis yang utuh, dalam konteks ini siswa menunjukkan kemampuan memilih strategi penyelesaian secara adaptif dengan menggunakan eliminasi dan substitusi sehingga struktur berpikir siswa menjadi dinamis dan evaluatif. Hal ini diperkuat oleh hasil wawancara yang menunjukkan bahwa S1 mampu menjelaskan alasan di balik setiap langkah penyelesaian berikut hasil dari wawancara subjek AZ.

P : "Apa yang kamu tahu tentang aljabar?"

S1 : "Aljabar adalah simbol matematika yang bisa diterapkan pada kehidupan sehari-hari"

P : "Coba kamu jelaskan langkah pertama yang kamu lakukan waktu mengerjakan soal tersebut? Setelah itu apa yang kamu lakukan?"

S1 : "Saya kelompokkan dahulu apa yang diketahui dan ditanya, lalu menyusun langkah penyelesaian secara sistematis. Setelah itu saya menyelesaikan dengan menghubungkan setiap langkah berdasarkan konsep yang saya ketahui"

P : "Mengapa kamu menggunakan langkah itu? Apa tujuan langkah-langkah itu?"

S1 : "Karena langkah tersebut sudah sesuai konsep aljabar dan membantu saya untuk mendapatkan hasil yang benar. Agar soal dapat diselesaikan secara runtut"

P : “Apakah soal ini serupa dengan yang pernah dipelajari? Dan Apakah cara tersebut bisa digunakan pada soal lain?”

S1 : “Ya, serupa secara konsep dan bisa dikembangkan. Cara ini dapat digunakan pada soal lain karena berbasis pemahaman, bukan hafalan.”

Berdasarkan hasil wawancara, dapat disimpulkan bahwa subjek S1 memiliki struktur berpikir yang baik dalam menyelesaikan masalah aljabar. S1 mampu memahami makna aljabar sebagai penggunaan simbol matematika yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam proses penyelesaian soal, S1 terlebih dahulu mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan, kemudian menyusun langkah penyelesaian secara sistematis. S1 juga mampu menjelaskan alasan penggunaan strategi penyelesaian yang dipilih, yaitu karena langkah tersebut sesuai dengan konsep aljabar dan membantu memperoleh hasil secara runtut. Selain itu, S1 menunjukkan kemampuan reflektif karena dapat menyadari bahwa strategi yang digunakan tidak hanya berlaku pada soal yang dikerjakan, tetapi juga dapat dikembangkan untuk menyelesaikan soal lain yang memiliki konsep serupa. Dengan demikian, hasil wawancara memperkuat bahwa struktur berpikir S1 telah mencapai tahap aksi, proses, dan objek, serta mulai menunjukkan kecenderungan menuju tahap skema karena mampu menghubungkan prosedur, konsep, dan penerapan strategi secara lebih bermakna.

Siswa dengan kemampuan Tahap Sedang (S2)

Selanjutnya, analisis dilakukan terhadap subjek S2 berinisial SHA yang mewakili kategori kemampuan sedang. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana siswa pada kategori sedang memahami informasi dalam soal, membentuk model aljabar, melakukan prosedur penyelesaian, dan menjelaskan hasil yang diperoleh. Berdasarkan tahapan APOS, jawaban subjek S2 diamati untuk melihat ketercapaian tahap aksi, proses, objek, dan skema. Melalui hasil pekerjaan siswa, dapat diketahui sejauh mana struktur berpikir S2 berkembang dalam menyelesaikan masalah aljabar serta bagian mana yang masih menjadi kendala dalam proses penyelesaian. Adapun hasil pekerjaan subjek S2 disajikan pada Gambar 2 berikut.

The image shows four handwritten mathematical problems and their solutions, categorized into 'AKSI' (Action) and 'PROSES' (Process) stages.

Problem 1:
 Budi $\times$
 Andi $\times + 3$
 Jawab: $x + x + 3 = 27$
 $2x + 3 = 27$
 $2x = 24$
 $x = 12$
 The first part is labeled 'AKSI' and the second part is labeled 'PROSES'.

Problem 2:
 Diketahui: buku $\times$ pensil $\times$
 Jawab: $2x + y = 11000$
 $x + y = 1000$
 $x = 4000$
 $4000 + y = 1000$
 $y = 3000$
 The first part is labeled 'AKSI' and the second part is labeled 'PROSES'.

Problem 3:
 Diketahui: lebar $= x$ panjang $= x + 4$
 Jawab: $2(x + 4) + x = 40$
 $4x + 8 = 40$
 $4x = 32$
 $x = 8$
 The first part is labeled 'AKSI' and the second part is labeled 'PROSES'.

Problem 4:
 Diketahui: x dan $2x$
 Jawab: $x + 2x = 18$
 $3x = 18$
 $x = 6$
 $2x = 12$
 The first part is labeled 'AKSI' and the second part is labeled 'proses'.

Gambar 2. Jawaban S2 SHA

Berdasarkan Gambar 2, diperoleh informasi bahwa pada soal pertama, siswa memisalkan umur Budi sebagai x dan umur Andi sebagai $x + 3$. Struktur berpikir siswa terlihat ketika siswa mampu mengolah informasi verbal ke bentuk aljabar sehingga menunjukkan tahap aksi. Selanjutnya siswa membentuk persamaan $x + 3 = 27$ dan menyelesaikannya hingga memperoleh nilai $x = 12$. Langkah penyelesaian yang dilakukan secara terstruktur menunjukkan tahap proses, akan tetapi, siswa belum memberikan simpulan secara lengkap sehingga belum mencapai tahap objek. Berdasarkan hasil analisis tersebut, struktur berpikir siswa kategori sedang menunjukkan bahwa siswa dapat memahami masalah, membentuk model aljabar, dan menyelesaikan prosedur perhitungan. Namun, siswa belum seutuhnya mampu menjelaskan hasil penyelesaian ke dalam bentuk kesimpulan akhir sehingga kemampuan berpikir siswa masih berada pada tahap aksi dan proses. Informasi yang diperoleh dari narasumber memperlihatkan bahwa S2 memahami proses penyelesaian soal serta dapat menjelaskan tahapan yang dilakukan dengan baik.

P : “Apa yang kamu tahu tentang aljabar?”

S2 : “Aljabar adalah materi matematika yang menggunakan variabel huruf untuk mencari nilai yang diketahui

P : “Coba kamu jelaskan langkah pertama yang kamu lakukan waktu mengerjakan soal tersebut? Setelah itu apa yang kamu lakukan?”

S2 : “Saya tuliskan dahulu apa yang diketahui dan apa yang ditanyakan, lalu saya menyederhanakan bentuk aljabar secara bertahap”

P : “Mengapa kamu menggunakan langkah itu? Apa tujuan langkah-langkah itu?”

S2 : “karena langkah itu membantu saya supaya pengerjaannya lebih mudah dan agar soal lebih mudah diselesaikan

P : “Apakah soal ini serupa dengan yang pernah dipelajari? Dan Apakah cara tersebut bisa digunakan pada soal lain?”

S2 : “Benar, soal ini mirip dengan latihan yang pernah saya kerjakan bisa digunakan pada permasalahannya yang sama ”

Berdasarkan hasil wawancara, dapat disimpulkan bahwa subjek S2 telah memiliki pemahaman dasar mengenai aljabar, terutama dalam mengenali penggunaan variabel berupa huruf untuk mencari nilai yang belum diketahui. Dalam menyelesaikan soal, S2 mampu mengawali pekerjaannya dengan menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan, kemudian menyederhanakan bentuk aljabar secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa S2 telah mampu melakukan tindakan awal dalam memahami masalah dan membentuk model aljabar, sehingga struktur berpikirnya telah mencapai tahap aksi. Selain itu, S2 juga mampu menjelaskan alasan penggunaan langkah penyelesaian yang dipilih, yaitu untuk mempermudah proses pengerjaan soal. Kemampuan ini menunjukkan bahwa S2 mulai memasuki tahap proses karena dapat menghubungkan beberapa langkah penyelesaian secara runtut. Namun, S2 belum sepenuhnya menunjukkan kemampuan reflektif yang kuat dalam menjelaskan hasil akhir dan mengaitkan strategi penyelesaian dengan soal lain yang lebih bervariasi. Dengan demikian, struktur berpikir S2 berada pada tahap aksi dan proses, tetapi belum mencapai tahap objek dan skema secara utuh.

Siswa dengan kemampuan Tahap Rendah (S3)

Analisis berikutnya dilakukan terhadap subjek S3 berinisial MTH yang mewakili kategori kemampuan rendah. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana siswa pada kategori rendah memahami informasi dalam soal, mengenali penggunaan variabel, menyusun model aljabar sederhana, serta melakukan prosedur penyelesaian. Berdasarkan teori APOS, jawaban

subjek S3 diamati untuk melihat sejauh mana struktur berpikir siswa terbentuk, khususnya pada tahap aksi, proses, objek, dan skema. Melalui hasil pekerjaan siswa, dapat diketahui bentuk kesulitan yang dialami S3 dalam menghubungkan informasi soal dengan konsep aljabar yang tepat. Adapun hasil pekerjaan subjek S3 disajikan pada Gambar 3 berikut.

Jawaban

No. _____
Date: _____

1 misal Budi x Andi $x + 3$
 $27 + 3 = 31$ } AKSI

2 misal $2x + y = 11$
 $x + y = 7$ } AKSI
 jawab : $2x + y = x + y = 7$
 $2x^2 + y^2 = 3$

3 misal $p = x + 4$
 lebar = x } AKSI

4 $x = \text{bilangan } 18$
 $2x = \text{bilangan}$ } AKSI
 jawab : $x + 2x = 18$
 $2x^2 = 18$
 $x^2 = 18 - 2$
 $x^2 = 16$

Gambar 3. Jawaban S3 MTH

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh informasi bahwa S3 pada soal pertama, siswa mampu menuliskan contoh variabel dengan memisalkan usia Budi sebagai x dan usia Andi sebagai $x + 3$. Siswa juga mencoba menghitung penjumlahan berdasarkan informasi yang terdapat pada soal. Hal tersebut menunjukkan bahwa siswa bisa melakukan tindakan awal dalam membentuk model matematika sederhana. Akan tetapi, urutan penyelesaian yang dilakukan masih keliru dan belum menunjukkan pemahaman hubungan antar konsep secara menyeluruh. Struktur berpikir siswa pada soal ini berada pada tahap aksi, karena siswa hanya melakukan prosedur dasar berdasarkan informasi yang terlihat pada soal tanpa mampu memperluas proses penyelesaian lebih lanjut siswa juga mencoba melakukan operasi lanjutan dalam proses penyelesaian. Namun, langkah yang dilakukan masih kurang tepat sehingga hasil akhir yang diperoleh tidak sesuai. Kesalahan tersebut menunjukkan bahwa siswa belum memahami konsep operasi aljabar secara keseluruhan dan masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan langkah-langkah penyelesaian. Oleh sebab itu, struktur berpikir siswa pada soal ini masih berada pada tahap aksi karena siswa hanya mampu melakukan tindakan prosedural sederhana tanpa pemahaman konseptual yang mendalam. Dari hasil wawancara, diketahui bahwa S3 mampu memberikan penjelasan terhadap langkah demi langkah penyelesaian yang digunakan dalam menyelesaikan masalah aljabar.

P : "Apa yang kamu tahu tentang aljabar?"

S3 : "Pelajaran matematika yang melibatkan huruf dan angka"

P : "Coba kamu jelaskan langkah pertama yang kamu lakukan waktu mengerjakan soal tersebut? Setelah itu apa yang kamu lakukan?"

S3 : *“Pertama saya membaca terlebih dahulu soalnya lalu melihat angka dan huruf yang ada disoal”*

P : *“Mengapa kamu menggunakan langkah itu? Apa tujuan langkah-langkah itu?”*

S3 : *“Karena saya melihat guru waktu mengajar didalam kelas”*

P : *“Apakah soal ini serupa dengan yang pernah dipelajari? Dan Apakah cara tersebut bisa digunakan pada soal lain?”*

S3 : *“Sepertinya serupa dengan contoh dan bisa digunakan di soal yang lain kalau berbeda saya kadang masih terasa bingung”*

Berdasarkan hasil wawancara, dapat disimpulkan bahwa subjek S3 memiliki pemahaman awal yang masih terbatas mengenai aljabar. S3 hanya memahami aljabar sebagai materi matematika yang melibatkan huruf dan angka, tetapi belum mampu menjelaskan makna variabel serta hubungan antarunsur dalam bentuk aljabar secara lebih mendalam. Dalam menyelesaikan soal, S3 memulai dengan membaca soal dan memperhatikan angka serta huruf yang terdapat dalam soal. Hal ini menunjukkan bahwa S3 telah melakukan tindakan awal dalam memahami masalah, namun langkah penyelesaian yang dilakukan masih bergantung pada contoh atau prosedur yang pernah diberikan guru. S3 juga belum mampu menjelaskan alasan matematis dari strategi yang digunakan, sehingga proses berpikirnya belum berkembang ke tahap proses secara utuh. Selain itu, S3 masih merasa bingung ketika menghadapi soal yang berbeda dari contoh sebelumnya. Dengan demikian, struktur berpikir S3 masih berada pada tahap aksi, karena siswa baru mampu melakukan prosedur dasar tanpa memahami hubungan konsep aljabar secara menyeluruh dan belum mampu mengorganisasikan pengetahuannya ke tahap objek maupun skema.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan, struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar menunjukkan variasi sesuai dengan kategori kemampuan siswa. Subjek dengan kemampuan tinggi menunjukkan struktur berpikir yang lebih lengkap karena mampu bergerak dari tahap aksi menuju proses dan objek. Pada tahap aksi, siswa mampu menentukan informasi yang diketahui, membuat pemisalan variabel, dan melakukan langkah awal penyelesaian. Pada tahap proses, siswa dapat menghubungkan langkah-langkah penyelesaian secara runtut dan logis. Selanjutnya, pada tahap objek, siswa mulai mampu memandang prosedur penyelesaian sebagai satu kesatuan konsep yang bermakna. Temuan ini sejalan dengan pandangan teori APOS bahwa perkembangan berpikir matematis terjadi melalui transisi dari aksi, proses, objek, hingga skema sebagai bentuk peningkatan kualitas kognitif siswa dalam memahami konsep matematika (Nurhayati et al., 2023; Inganah, 2018; Rachmawati & Siswono, 2020; Yuniati et al., 2022).

Siswa dengan kemampuan sedang menunjukkan perkembangan struktur berpikir dari tahap aksi menuju proses, tetapi belum sepenuhnya mencapai tahap objek dan skema. Mereka mampu memahami informasi dasar dalam soal, membentuk model aljabar, dan melakukan prosedur perhitungan secara bertahap. Namun, siswa belum sepenuhnya mampu mengenkapsulasi prosedur tersebut menjadi objek konseptual yang utuh. Hal ini terlihat dari keterbatasan siswa dalam memberikan simpulan akhir dan menjelaskan makna hasil penyelesaian secara reflektif. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keberhasilan siswa dalam mencapai tahap objek sangat dipengaruhi oleh kemampuan mengaitkan operasi, representasi, dan aturan matematika ke dalam kerangka konsep yang koheren (Sumaji et al., 2020; Bintoro et al., 2022; Nurrahmah et al., 2023; Mutambara & Tsakeni, 2022).

Sementara itu, siswa dengan kemampuan rendah masih berada pada tahap aksi. Siswa pada kategori ini umumnya hanya mampu mengenali unsur angka dan huruf dalam soal, menuliskan variabel secara sederhana, atau mengikuti contoh prosedur yang pernah diberikan guru. Namun,

mereka belum mampu melanjutkan proses berpikir menuju tahap proses karena belum memahami hubungan antarvariabel dan alasan matematis dari langkah penyelesaian yang digunakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa siswa belum memiliki struktur berpikir konseptual yang stabil dalam memahami masalah aljabar. Temuan ini sesuai dengan literatur APOS yang menjelaskan bahwa siswa berkemampuan rendah sering terhenti pada tindakan prosedural dasar dan belum mampu melakukan internalisasi serta enkapsulasi konsep secara utuh (Cooley et al., 2016; Langi', 2023; Rofiki et al., 2020; Yaman & Koyunkaya, 2019).

Dengan demikian, sintesis temuan menunjukkan bahwa semakin tinggi kemampuan siswa, semakin kompleks pula struktur berpikir yang terbentuk. Siswa berkemampuan tinggi cenderung mampu mengorganisasi aksi, proses, dan objek ke dalam skema berpikir yang lebih terkoordinasi. Sebaliknya, siswa berkemampuan sedang masih berada pada fase transisi, sedangkan siswa berkemampuan rendah cenderung bertahan pada tahap aksi. Hal ini menegaskan bahwa teori APOS dapat digunakan sebagai alat analisis untuk memetakan perkembangan struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar, bukan hanya berdasarkan benar atau salahnya jawaban akhir, tetapi berdasarkan kualitas proses kognitif yang ditunjukkan siswa.

Temuan penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa siswa lebih mudah mencapai tahap aksi dan proses dibandingkan tahap objek dan skema dalam memahami aljabar. Tahap objek dan skema lebih sulit dicapai karena menuntut siswa untuk menghubungkan prosedur, representasi, dan konsep ke dalam struktur berpikir yang koheren (Gustina et al., 2021; Rusfiana et al., 2020; Febrinita et al., 2022; Hartati, 2019; Wahyuningsih et al., 2019). Kesulitan tersebut tampak pada siswa kategori sedang dan rendah yang dapat melakukan langkah penyelesaian, tetapi belum mampu menjelaskan makna konsep aljabar secara reflektif. Meskipun demikian, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa siswa berkemampuan tinggi belum sepenuhnya mencapai tahap skema. Hal ini menunjukkan bahwa ketercapaian tahapan APOS dapat dipengaruhi oleh konteks materi, pengalaman belajar, gaya belajar, self-efficacy, dan kemandirian belajar siswa (Hawu et al., 2022; Ashri & Khaerunnisa, 2022; Kusuma et al., 2023; Simatupang et al., 2020).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran aljabar perlu dirancang secara bertahap untuk membantu siswa bergerak dari tahap aksi menuju proses, objek, dan skema. Guru tidak cukup hanya memberikan latihan prosedural, tetapi perlu membimbing siswa memahami makna variabel, hubungan antarbesaran, serta alasan dari setiap langkah penyelesaian. Strategi yang dapat digunakan antara lain pembelajaran berbasis masalah, penggunaan representasi verbal, simbolik, numerik, dan visual, diskusi kolaboratif, pertanyaan pemantik, think-aloud, serta umpan balik berkelanjutan. Strategi tersebut dapat membantu siswa menghubungkan prosedur aljabar dengan pemahaman konseptual yang lebih utuh (Herlina, 2013; Abdullah, 2019; Noviana et al., 2018; Mayasari & Slamet, 2021; Fitria, 2022).

Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dan praktis dalam kajian berpikir aljabar. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat penggunaan teori APOS sebagai alat analisis untuk memetakan struktur berpikir siswa berdasarkan tahap aksi, proses, objek, dan skema. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan gambaran bagi guru bahwa kesulitan siswa dalam aljabar tidak hanya berkaitan dengan kesalahan perhitungan, tetapi juga dengan belum terbentuknya struktur berpikir konseptual yang kuat. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi guru dalam merancang pembelajaran aljabar yang lebih bertahap, reflektif, dan sesuai dengan kebutuhan kognitif siswa (Marsitin, 2018; Sholihah & Mubarak, 2016; Zahid & Sujadi, 2017; Kadafuk et al., 2020; Nurajijah et al., 2023).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah aljabar berdasarkan teori APOS menunjukkan variasi pada setiap kategori kemampuan. Siswa berkemampuan tinggi mampu mencapai tahap aksi, proses, dan objek karena dapat memahami informasi dalam soal, menentukan variabel, menyusun model aljabar, melakukan prosedur penyelesaian secara sistematis, serta memberikan simpulan dengan tepat. Siswa berkemampuan sedang berada pada tahap aksi dan proses karena telah mampu memahami masalah, membentuk model aljabar, dan melakukan perhitungan, tetapi belum sepenuhnya mampu merefleksikan hasil penyelesaian sebagai satu kesatuan konsep. Sementara itu, siswa berkemampuan rendah masih berada pada tahap aksi karena hanya mampu melakukan prosedur dasar dan belum mampu memahami hubungan antarvariabel secara menyeluruh. Secara umum, sebagian besar siswa masih berada pada tahap aksi dan proses, sehingga kemampuan siswa dalam mengenkapsulasi konsep aljabar ke tahap objek dan mengorganisasikannya ke dalam skema masih perlu dikembangkan.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar guru matematika merancang pembelajaran aljabar yang tidak hanya menekankan latihan prosedural, tetapi juga mendorong siswa memahami makna variabel, hubungan antarbesaran, dan alasan dari setiap langkah penyelesaian. Pembelajaran dapat dilakukan melalui masalah kontekstual, diskusi kelompok, pertanyaan pemantik, penggunaan berbagai representasi, serta pemberian scaffolding secara bertahap agar siswa dapat bergerak dari tahap aksi menuju proses, objek, dan skema. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat dikembangkan pada materi matematika lain, seperti fungsi, persamaan linear, sistem persamaan, geometri, atau barisan, dengan jumlah subjek yang lebih luas dan karakteristik siswa yang lebih beragam. Selain itu, penelitian lanjutan juga dapat mengkaji strategi pembelajaran berbasis APOS untuk meningkatkan struktur berpikir siswa secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahim, A. (2016). Keefektifan model pembelajaran resik ditinjau dari sikap, motivasi, dan kemampuan berpikir kritis matematis siswa SMP. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 3(2), 137. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v3i2.7994>
- Adhikari, K. P. (2021). GeoGebra integrated instruction: Effectiveness and empowerment. *Siddhajyoti Interdisciplinary Journal*, 2(01), 1–9. <https://doi.org/10.3126/sij.v2i01.39197>
- Aminudin, M., Maharani, H., & Dewi, F. (2020). Student Questions in Solving Open-Ended Mathematics Problems. <https://doi.org/10.4108/eai.27-8-2020.2303242>
- Andriani, N. P. N., Suparta, I. N., & Sudiarta, I. G. P. (2024). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Berdasarkan Teori APOS Ditinjau Dari Gaya Kognitif. *Jurnal Pendidikan Matematika Undiksha*, 15(1), 37–43
- Arnawa, I. M., Sumarno, U., Kartasasmita, B. G., & Baskoro, E. T. (2012). Applying The APOS Theory to Improve Students Ability To Prove In Elementary Abstract Algebra. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*, 133–148. <https://doi.org/10.22342/jims.13.1.80.133-148>
- Ashri, D. N., & Khaerunnisa, E. (2022). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Berdasarkan Teori APOS Ditinjau Dari Self Efficacy Siswa. *Jurnal Magister Pendidikan Matematika* (Jumadika), 4(2), 72–81.

<https://doi.org/10.30598/jumadikavol4iss2year2022page72-81>

- Bakri, S. R. A., & CHING, L. S. (2021). Bridging the Gap Between the Derivatives And Graph Sketching in Calculus. *Asian Journal of University Education*, 16(4), 121. <https://doi.org/10.24191/ajue.v16i4.11962>
- Baye, M. G., Ayele, M. A., & Wondimuneh, T. E. (2021). Implementing GeoGebra integrated with multi-teaching approaches guided by the APOS theory to enhance students' conceptual understanding of limit in Ethiopian Universities. *Heliyon*, 7(5), e07012. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07012>
- Bintoro, H. S., Sukestiyarno, Y. L., Mulyono, M., & Walid, W. (2022). The spatial thinking process of the field-dependent students in reconstructing the geometrical concept. *International Journal of Evaluation and Research in Education (Ijere)*, 11(3), 1116. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i3.22399>
- Bosch, M., Hochmuth, R., Kwon, O. N., Loch, B., Rasmussen, C., Thomas, M., & Trigueros, M. (2021). Survey on Research in University Mathematics Education at ICME 14. *European Mathematical Society Magazine*, (122), 57–59. <https://doi.org/10.4171/mag-42>
- Bressoud, D. M., Ghedamsi, I., Martínez-Luaces, V., & Törner, G. (2016). Teaching and Learning of Calculus. 1–37. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32975-8_1
- Cooley, L., Vidakovic, D., Martin, W. O., Dexter, S., & Suzuki, J. (2016). Student Reactions to Learning Theory Based Curriculum Materials in Linear Algebra - A Survey Analysis. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 17(1). <https://doi.org/10.4256/ijmtl.v17i1.12>
- Faizah, H., & Sugandi, E. (2022). Analisis kemampuan komunikasi matematis tulis siswa smp pada cerita bentuk aljabar dalam pembelajaran daring. *AKSIOMA (Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika)*, 11(1), 291–304.
- Febrila, L. G., Hanifah, H., Sumardi, H., & Utari, T. (2023). Improve Student Learning Outcomes Using Student Worksheets Based On The Apos Model Assisted By Geogebra. *Aksioma Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 1322. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i1.6876>
- Fentriani, H. E. (2025). Analisis hambatan kemampuan pemecahan masalah siswa SMP pada materi aljabar. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 388–400.
- Fitria, M. (2022). Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa Dalam Penyelesaian Soal Integral Berdasarkan Teori APOS. *Dharmas Education Journal (De_journal)*, 1(1), 48–54. <https://doi.org/10.56667/dejournal.v1i1.59>
- Gultom, B. M., Siahaan, T. M., & Tambunan, L. O. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 2(02), 389–395. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i02.1792>
- Gustina, G., Djadir, D., & Rusli, R. (2021). Analisis Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Relasi dan Fungsi Berdasarkan Teori APOS ditinjau dari Kemampuan Matematika Siswa Kelas VIII. *Issues in Mathematics Education (Imed)*, 5(2), 164. <https://doi.org/10.35580/imed23849>

- Hafriani, H. (2021). Mengembangkan Kemampuan Dasar Matematika Siswa Berdasarkan Nctm Melalui Tugas Terstruktur Dengan Menggunakan ICT. *Jurnal Ilmiah Didaktika: Media Ilmiah Pendidikan Dan Pengajaran*, 22(1), 63-80.
- Handayani, tri rahayu, Ummah, S. K., & Utomo, D. P. (2019). Analisis Gaya Berpikir Matematis Berdasar Teori Mental-Self Government (MSG) Ditinjau Dari Dimensi Pembelajaran Sternberg. *Jipm (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 7(2), 93. <https://doi.org/10.25273/jipm.v7i2.3599>
- Hartati, L. (2019a). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Mahasiswa Pada Mata Kuliah Kalkulus Berdasarkan Teori APOS. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Kaluni*, 2. <https://doi.org/10.30998/prokaluni.v2i0.57>
- Hawu, N. A., Suwanti, V., & Murniasih, T. R. (2022). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Aritmetika Sosial. *Buana Matematika Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 12(2), 171–184. <https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v12i2.5809>
- Herlina, E. (2013b). MENINGKATKAN DISPOSISI BERPIKIR KREATIF MATEMATIS MELALUI PENDEKATAN APOS. *Infinity Journal*, 2(2), 169. <https://doi.org/10.22460/infinity.v2i2.33>
- Inganah, S. (2018). Analysis of Studentsr Understanding for the Concept of Matrix Rank Based on APOS Theory. <https://doi.org/10.2991/amca-18.2018.156>
- Isnaintri, E., Faidhotuniam, I., & Yuhana, Y. (2023). Filsafat Realisme Aristoteles: Mengungkap Kearifan Kuno dalam Implementasi Pembelajaran Matematika. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 8(2), 247. <https://doi.org/10.25157/teorema.v8i2.11074>
- Kadafuk, F. F., Djong, K. D., & Uskono, I. V. (2020). Kemampuan Pemahaman Konsep pada Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel Berdasarkan Teori APOS Bagi Siswa SMP. *Anargya Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 3(2), 127–135. <https://doi.org/10.24176/anargya.v3i2.4901>
- Kiliçoğlu, E., & Kaplan, A. (2019). Classroom Reflections of Model-Based Instruction: Ace Teaching Cycle. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2), 191–211. <https://doi.org/10.17556/erziefd.467668>
- Kulsum, S., & Yudhanegara, M. R. (2023). Analisis Kompetensi Strategis Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita pada Materi Aljabar. *Didactical Mathematics*, 5(2), 199–207. <https://doi.org/10.31949/dm.v5i2.5516>
- Kusuma, A. P., Rahmawati, N. K., & Nurrahmah, A. (2023). Proses Berpikir Aljabar Berdasarkan Level Kognitif Mahasiswa. *Arithmetic Academic Journal of Math*, 5(2), 193. <https://doi.org/10.29240/ja.v5i2.8392>
- Langi', E. L. (2023). Students as Prospective Teachers' Understanding of Integral Based on the APOS Theory in Terms of Gender Difference. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23(4). <https://doi.org/10.33423/jhhetp.v23i4.5897>
- Lapele, D. A., Buton, I., & Sopamena, P. (2024). Analisis Pemahaman Konsep Matematis Siswa dalam Pemecahan Masalah Berdasarkan Teori APOS. *JRPM (Jurnal Review Pembelajaran Matematika)*, 9(2), 110–128. <https://doi.org/10.15642/jrpm.2024.9.2.110-128>

- Marsitin, R. (2018). Koneksi Matematis dan Berpikir Kreatif dalam Pembelajaran Matematika dengan Teori APOS. *Al-Khwarizmi Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 5(1), 87–100. <https://doi.org/10.24256/jpmipa.v5i1.268>
- Matindike, F., & Makonye, J. P. (2023). An APOS Analysis of Grade 11 Learners' Errors and Misconceptions Under Hyperbolic Functions: A Case Study at a Rural High School in Limpopo Province in South Africa. *Sage Open*, 13(3). <https://doi.org/10.1177/21582440231190348>
- Maulina, S. (2025). Analisis Kesulitan Pemahaman Konseptual Siswa Dalam Materi Aljabar Berdasarkan Teori APOS. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 6(1), 1337–1353.
- Mayasari, T., & Slamet, S. (2021). Analisis pemahaman siswa SMA kelas XI materi program linear berdasarkan teori apos ditinjau dari gaya belajar. *Jurnal Mipa Dan Pembelajarannya*, 1(11), 879–884. <https://doi.org/10.17977/um067v1i11p879-884>
- Mutambara, L. H. N., & Tsakeni, M. (2022). Cognitive obstacles in the learning of complex number concepts: A case study of in-service undergraduate physics student-teachers in Zimbabwe. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 18(10), em2158. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12418>
- Nihayah. (2021). Analisis Penguasaan Materi Prasyarat Aljabar Dalam Menyelesaikan Soal Sistem Persamaan Linear Dua Variabel. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5,1, 26–39.
- Noviana, W., Suyono, S., & Hakim, L. (2018b). Pengaruh Pendekatan M-APOS Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa SMP Negeri di Kota Tangerang. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*, 1(1), 31–38. <https://doi.org/10.21009/jrpmj.v1i1.4959>
- Nu'man, M. (2016). Penanaman Karakter Penalaran Matematis Dalam Pembelajaran Matematika Melalui 1 Pola Pikir Induktif-Deduktif. *Jurnal Fourier*, 1(2), 53. <https://doi.org/10.14421/fourier.2012.12.53-62>
- Nurajijah, M., Khaerunnisa, E., & FS, C. A. H. (2023). Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Berdasarkan Teori Apos Pada Materi Program Linear. *Jurnal Educatio Fkip Unma*, 9(2), 785–797. <https://doi.org/10.31949/educatio.v9i2.4800>
- Nurhayati, L., Suryadi, D., Dasari, D., & Herman, T. (2023). Integral (antiderivative) learning with APOS perspective: A case study. *Journal on Mathematics Education*, 14(1), 129–148. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i1.pp129-148>
- Nurrahmah, A., Kartono, K., Zaenuri, Z., & Isnarto, I. (2023). The process of mathematics students' reflective abstraction in solving continuous random variable problems in the probability course. *International Journal of Education and Practice*, 11(4), 727–738. <https://doi.org/10.18488/61.v11i4.3497>
- Putri, M. A., Sainuddin, S., & Pasaribu, F. T. (2025). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Pada Materi SPLDV. *Media Pendidikan Matematika* 13(2), 919–926.
- Zahroh Alfiatuz, Lisanuh Uswah Sadieda, Siti Lailiyah. (2025), Proses Penalaran Abduktif Dalam Menyelesaikan Masalah Aljabar, *Jurnal PEKA (Pendidikan Matematika)*. 08(02), 158–167. <https://doi.org/10.37150/jp.v8i2.3247>.
- Rahmah, K., & Darmayanti, R. (2022). *Analysis of Mathematics Problem Solving Ability of Junior*

- High School Students Based on APOS Theory Viewed from the Type of Kolb Learning Style.*, IM (Indonesia Matheematics Education), 5(2), 109–122.
- Rahmawati, R. Y., & Khaerunnisa, E. (2022). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis *Jurnal Magister Pendidikan Matematika (Jumadika)*, 4, 50–57.
- Rachmawati, D. A., & Siswono, T. Y. E. (2020a). Impulsive And Reflective Students' Understanding To Linear Equations System: An Analysis Through APOS Theory. *Mathedunesa*, 9(1), 128–135. <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v9n1.p128-135>
- Rofiki, I., Anam, A. C., Sari, P. E., Irawan, W. H., & Santia, I. (2020). Students' mental construction in cube and cuboid concepts based on mathematical ability differences. *Al-Jabar Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(1), 133–144. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v11i1.5946>
- Rohmah, A. N., & Rahma, N. A. (2023). *Defragmentasi struktur berpikir siswa dalam memecahkan masalah matematika geometri berdasarkan gaya kognitif field independent*. LAPLACE : (Jurnal Pendidikan Matematika), 6, 2, 522–533.
- Rusfiana, M., Ramlah, R., & Haerudin, H. (2020). Deskripsi Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa SMP Berdasarkan Teori APOS. *Logaritma Jurnal Ilmu-Ilmu Pendidikan Dan Sains*, 8(02), 213–226. <https://doi.org/10.24952/logaritma.v8i02.2887>
- Safitri, P. T., Yasintasari, E., Putri, S. A., & Hasanah, U. (2020). Analisis Kemampuan Metakognisi Siswa dalam Memecahkan Masalah Matematika Model PISA. *Journal of Medives : Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v4i1.941>
- Sari, M., Budi, W., & Hasih, U. (2021). *Fragmentation of Students ' Thinking Structure in Constructing the Concept of Linear Inequality of Two Variables*. International Conference of Mathematics and Mathematics Education (I-CMME 2021), 597, 186–194.
- Sholihah, U., & Mubarak, D. A. (2016a). Analisis Pemahaman Integral Taktentu Berdasarkan Teori APOS (Action, Process, Object, Scheme) pada Mahasiswa Tadris Matematika (TMT) IAIN Tulungagung. *Cendekia Jurnal Kependidikan Dan Kemasyarakatan*, 14(1), 123. <https://doi.org/10.21154/cendekia.v14i1.620>
- Simatupang, R., Napitupulu, E., & Asmin, A. (2020). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Dan Self-Efficacy Siswa Pada Pembelajaran Problem Based Learning. *Paradikma Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 29–39. <https://doi.org/10.24114/paradikma.v13i1.22944>
- Sumaji, S., Sa'dijah, C., Susiswo, S., & Sisworo, S. (2020). Mathematical Communication Process of Junior High School Students in Solving Problems based on APOS Theory. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 197–221. <https://doi.org/10.17478/jegys.652055>
- Suryana, A., & Seruni, S. (2019). Advanced Mathematical Thinking dalam Pembelajaran Matematika Tingkat Lanjut. *JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.30998/jkpm.v5i1.5194>
- Thessa, P. (2025). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Berdasarkan Tipe Kepribadian Thingking dan Feeling Dalam Menyelesaikan Soal Aljabar, *JPMI (Jurnal*

- Pembelajaran Matematika Inovatif*). 8(1), 13–28. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v8i1.25678>
- Wahyuningsih, H., Nissa, I. C., & Yuntawati, Y. (2019). Analisis Kemampuan Siswa dalam Memahami Konsep Sistem Persamaan Linier Tiga Variabel (SPLTV) Berdasarkan Teori Apos Siswa Kelas X IPS 1 MA Tarbiyatul Mustafid Batu Rimpang. *Media Pendidikan Matematika*, 7(1), 36. <https://doi.org/10.33394/mpm.v7i1.1556>
- Yaman, B. B., & Koyunkaya, M. Y. (2019). Examination of Pre-service Mathematics Teachers' Mental Constructions of Function Transformation. *Acta Didactica Napocensia*, 12(1), 33–56. <https://doi.org/10.24193/adn.12.1.3>
- Yuniati, S., Nusantara, T., Sulandra, I. M., & Suparjono, S. (2022). Investigating Functional Thinking Processes that Impact on Function Composition Problems in Indonesia. *Acta Scientiae*, 24(5), 84–118. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6969>
- Zahid, M. Z., & Sujadi, I. (2017b). Pembentukan Konsep Faktorisasi Aljabar Siswa Berkemampuan Tinggi. *Kreano Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 8(1), 94–100. <https://doi.org/10.15294/kreano.v8i1.7517>