

ANTISIPASI DIDAKTIS DENGAN ALAT PERAGA UNTUK MENGATASI HAMBATAN EPISTEMOLOGI DALAM MATERI PERPANGKATAN KELAS IX MTS

Uli Damayanti¹⁾, Sugiatno^{2)*}, Dona Fitriawan³⁾

^{1),2),3)}Program Studi Pendidikan Matematika, Jurusan PMIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak, 78124

*sugiatno@fkip.untan.ac.id

ABSTRACT

This study aimed to determine whether didactic anticipation with teaching aids could overcome students' epistemological obstacles in exponential material at Grade IX MTs Islamiyah Pontianak. The research method used in this research is Didactical Design Research (DDR) with a qualitative approach. The data source for this research comprised Grade IX students, and the data included the answer sheets from the pre-test, post-test, and the results of the interviews. The research subjects were three individuals selected using the purposive sampling technique. The results of the study show the epistemological obstacles encountered by the research subjects prior to the didactic anticipation treatment with props, including conceptual obstacles, procedural obstacles, and operational technique obstacles. The didactic anticipation designed to mitigate these obstacles comprises the didactic situation, assignment, expected response, possible difficulties, and anticipation. In anticipation of students' difficulties, teaching aids are employed, namely squares, cubes, paper, and PLAKAT. Changes in epistemological barriers after didactic anticipatory treatment showed that the epistemological barriers experienced by the subjects were reduced. This can be seen from the percentage of reduction in conceptual, procedural, and operational technical obstacles of 77.78%, 50%, and 25%, respectively. Based on the analysis of the changes that occurred, it can be concluded that didactic anticipation with teaching aids can overcome most of the epistemological obstacles of students in grade IX exponential materials.

Keywords: *DDR, epistemological obstacles, exponential*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah antisipasi didaktis dengan alat peraga dapat mengatasi hambatan epistemologi siswa dalam materi perpangkatan kelas IX MTs Islamiyah Pontianak. Metode penelitian yang digunakan adalah DDR (Didactical Design Research) dengan pendekatan kualitatif. Sumber data penelitian ini adalah siswa kelas IX dan datanya adalah lembar jawaban tes awal dan tes akhir serta hasil wawancara. Subjek penelitian berjumlah 3 orang yang diambil berdasarkan teknik purposive sampling. Hasil penelitian menunjukkan hambatan epistemologi yang dialami subjek penelitian sebelum treatment antisipasi didaktis dengan alat peraga berupa hambatan konseptual, hambatan prosedural, dan hambatan teknik operasional. Antisipasi didaktis yang dikembangkan untuk mengurangi hambatan tersebut memuat situasi didaktis, penugasan, respon yang diharapkan, kemungkinan kesulitan, dan antisipasinya. Adapun dalam antisipasi kesulitan siswa digunakan alat peraga yaitu persegi, kubus, kertas, dan PLAKAT. Perubahan hambatan epistemologi setelah

treatment antisipasi didaktis menunjukkan hambatan epistemologi yang dialami subjek berkurang. Hal ini dilihat dari persentase penurunan hambatan konseptual, prosedural, dan teknik operasional masing-masing sebesar 77,78%, 50%, dan 25%. Berdasarkan analisis perubahan yang terjadi, dapat disimpulkan bahwa antisipasi didaktis dengan alat peraga dapat mengatasi sebagian besar hambatan epistemologi siswa dalam materi perpangkatan kelas IX.

Kata Kunci: DDR, hambatan epistemologi, eksponensial

PENDAHULUAN

Antisipasi didaktis memegang peran penting sebagai alat esensial bagi guru dalam meningkatkan kualitas pengajaran dan memfasilitasi pemahaman siswa (Buhaerah et al., 2023; Genc & Ergan, 2022; Spreitzer et al., 2023). Olteanu (2017) mengungkapkan bahwa kualitas pembelajaran ditingkatkan oleh pertimbangan guru tentang hubungan antara desain dan proses pembelajaran yang sedang dilaksanakan. Guru di dalam melaksanakan pembelajaran dapat merancang alternatif tanggapan atas respon siswa dengan antisipasi didaktis (Alfian et al., 2016; Sullivan et al., 2018). Konsep ini memberikan kesempatan untuk guru dalam merencanakan pembelajaran dengan matang melibatkan prediksi dan persiapan terhadap berbagai situasi pembelajaran, sehingga memungkinkan guru untuk mengenali potensi kesulitan yang mungkin dialami siswa dan merumuskan strategi yang efektif untuk mengatasinya (Aprilia, 2015; Martins et al., 2023).

Kurangnya antisipasi didaktis yang tercermin dalam rencana pelaksanaan pembelajaran dapat menyebabkan proses belajar menjadi kurang optimal bagi setiap siswa (Orsola et al., 2018). Hal ini disebabkan oleh beberapa respons siswa terhadap situasi didaktis yang berada di luar jangkauan pikiran guru atau tidak tereksplor. Lebih lanjut, hal tersebut berakibat guru mungkin tidak memberikan respons yang

tepat atau tidak direspons sama sekali terhadap berbagai kesulitan belajar yang muncul, sehingga proses belajar dapat tidak terjadi (Mutazam et al., 2017; Suryadi, 2013). Hal ini ditandai dengan seringnya berulang hambatan yang dialami siswa dalam belajar. Padahal antisipasi didaktis ini sangat dibutuhkan guna membantu meminimalisir hambatan belajar siswa. Didukung oleh temuan penelitian oleh (Lestari et al., 2020; Nurhazizah et al., 2017; Sukmawati et al., 2018) bahwa sebagian besar hambatan belajar siswa dapat teratasi setelah diberikan *treatment* dengan antisipasi didaktis.

Meskipun konsep antisipasi didaktis penting dalam peningkatan kualitas pengajaran, kenyataan di lapangan, terutama dalam konteks pengajaran matematika, menunjukkan bahwa implementasinya belum optimal. Hal ini dilihat dari temuan prariset peneliti pada tanggal 19 Januari 2024 di MTs Islamiyah Pontianak mengindikasikan bahwa antisipasi didaktis belum terlihat dalam pengajaran guru. Melalui wawancara dengan guru matematika berinisial F diperoleh informasi bahwa guru cenderung kurang familiar dengan istilah antisipasi didaktis ini, setelah peneliti memberikan gambaran secara umum tentang antisipasi didaktis, guru mulai memahami dan menerangkan bahwa dalam mempersiapkan pembelajaran guru membuat rancangan pembelajaran, namun kurang mempertimbangkan keragaman

respon siswa dan antisipasi terhadap kemungkinan berbagai tanggapan siswa. Informasi lain yang diperoleh dari guru bahwa meskipun materi perpangkatan telah diajarkan, beberapa siswa masih menghadapi kesulitan.

Setelah melakukan wawancara di sekolah dengan guru matematika yang bersangkutan, dikonfirmasi bahwa kesulitan masih dialami siswa dalam materi perpangkatan. Setelah peneliti melaksanakan prariset lebih lanjut dengan memberikan soal sederhana terkait materi perpangkatan, ditemukan bahwa 58% siswa masih kurang mampu menyelesaikan tes yang peneliti berikan mengenai konsep dasar perpangkatan. Ini ditunjukkan oleh jawaban siswa, di mana 11 dari 19 siswa masih melakukan kesalahan dalam mengerjakan soal tes prariset yang diberikan. Selain itu, siswa juga mengalami kendala dalam menerapkan prosedur sifat-sifat perpangkatan.

Brousseau sebagaimana dikutip (dalam Cesaria & Herman, 2019; Joubert, 2017) mengemukakan bahwa “munculnya hambatan belajar ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu (1) hambatan ontogeni, yaitu hambatan yang berkaitan dengan kesiapan mental belajar siswa (2) hambatan didaktis, yaitu hambatan yang berkaitan dengan pengajaran atau bahan ajar yang digunakan, dan (3) hambatan epistemologi, yaitu hambatan yang berkaitan dengan pengetahuan siswa yang terbatas pada konteks tertentu”. Kesalahan yang terjadi dalam konteks kajian abstrak matematika, objek-objek seperti fakta, konsep, prinsip, dan operasi matematika terkait erat dengan hambatan epistemologi (Mahyudi et al., 2023). Hambatan epistemologis yang dihadapi siswa dapat muncul saat mereka belajar materi apa pun dalam matematika, termasuk diantaranya

adalah materi perpangkatan. Pemahaman tentang materi perpangkatan merupakan hal yang harus dikuasai oleh siswa, dikarenakan kemampuan awal mengenai perpangkatan merupakan bagian penting untuk mempelajari materi logaritma, trigonometri, dan turunan fungsi aljabar (F. L. Putri et al., 2022). Apabila materi ini tidak dipahami dengan baik tentu akan berdampak pada pemahaman siswa pada materi selanjutnya.

Dalam penelitian ini indikator hambatan epistemologi diadaptasi dari (Nuban et al., 2020) yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Indikator hambatan epistemologi

Hambatan Epistemologi	Indikator
Hambatan konseptual	- siswa tidak mampu menunjukkan konsep dasar - siswa tidak mampu menjelaskan konsep dasar
Hambatan prosedural	- ketidaktepatan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang siswa lakukan - siswa tidak bisa menyelesaikan soal sampai bentuk yang paling sederhana
Hambatan operasional	- ketika menghitung nilai sebuah operasi hitung, siswa melakukan kesalahan - siswa melakukan kesalahan dalam penulisan.

Suryadi (2010) mengungkapkan bahwa hambatan belajar terutama epistemologi merupakan komponen penting yang harus dipertimbangkan guru ketika merancang antisipasi didaktis. Lebih lanjut, Suryadi (2010) menyatakan antisipasi didaktis dengan *scaffolding* membantu proses berpikir siswa menjadi lebih terarah.

Hal ini sejalan dengan pendapat (Darling-Hammond et al., 2020) bahwa guru menggunakan teknik *scaffolding* pada hakikatnya adalah upaya untuk mendukung proses berpikir siswa. Penelitian Parame-Decin (2023) menunjukkan bahwa menggunakan bantuan alat peraga dapat merangsang pemahaman siswa terhadap konsep abstrak, termasuk konsep perpangkatan.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, antisipasi didaktis menjadi elemen penting yang harus diterapkan oleh guru dalam upaya memahami kebutuhan siswa. Melalui penerapan antisipasi didaktis, guru diharapkan dapat mengidentifikasi kebutuhan siswa dengan lebih akurat serta memberikan intervensi yang tepat untuk mengatasi kesalahan atau kesulitan yang dialami siswa selama proses pembelajaran. Peneliti memandang perlu untuk mengkaji upaya mengatasi hambatan epistemologi siswa dalam materi perpangkatan dengan antisipasi didaktis berbantuan alat peraga. Urgensinya, apabila hambatan ini dibiarkan tanpa penanganan, maka proses pembelajaran berikutnya akan menghadapi tantangan yang serupa, yang dapat menghambat pemahaman siswa secara berkelanjutan. Sejalan dengan apa yang telah dipaparkan, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah antisipasi didaktis dengan alat peraga dapat mengatasi hambatan epistemologi siswa dalam materi perpangkatan kelas IX MTs Islamiyah Pontianak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode DDR (*Didactical Design Research*) dengan pendekatan kualitatif. Adapun DDR ini menurut Suryadi (2010) memiliki beberapa langkah, yaitu: (1) analisis situasi didaktis sebelum pembelajaran, (2) analisis

metapedadidaktik, dan (3) analisis retrospektif.

Tahap analisis situasi didaktis sebelum pembelajaran dimulai dengan menyusun instrumen penelitian yang digunakan yang terdiri dari tes awal, tes akhir, dan wawancara. Instrumen yang digunakan divalidasi oleh 3 validator, yaitu 2 dosen Pendidikan Matematika dan 1 guru Matematika. Pemeriksaan keabsahan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan triangulasi. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan teknik triangulasi metode yaitu membandingkan dan mengecek kembali informasi atau data yang diperoleh dari metode pengumpulan data yang berbeda-beda.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru matematika, siswa di kelas IX MTs Islamiyah Pontianak berjumlah 23 orang, masih mengalami kesulitan dalam materi perpangkatan. Sebelum desain antisipasi didaktis dengan alat peraga diimplementasikan, siswa diarahkan untuk mengerjakan tes awal. Pemilihan subjek dilakukan dengan mempertimbangkan variasi kemampuan awal siswa. Tiga subjek yang dipilih mewakili siswa dengan kemampuan tinggi (Subjek S-3), 2) siswa dengan kemampuan sedang (Subjek S-2), dan 3) siswa dengan kemampuan rendah (Subjek S-1). Ketiga siswa terpilih selanjutnya diwawancarai untuk menggali lebih dalam mengenai kesulitan mereka dalam menyelesaikan tes awal.

Pada tahap analisis metapedidaktik, peneliti mengembangkan desain antisipasi didaktis dengan alat peraga yang memuat situasi didaktis, penugasan, prediksi respon, dan antisipasinya. Adapun alat peraga yang digunakan antara lain, persegi, kubus, kertas, dan papan bilangan berpangkat (PLAKAT). Peneliti mengimplementasikan desain antisipasi didaktis yang telah disusun kepada

subjek penelitian dalam dua pertemuan. Peneliti juga menganalisis respon subjek saat proses pembelajaran berlangsung. Setelah tahap analisis metapedidaktik, peneliti melakukan tahap analisis restrofektif dengan memberikan tes akhir kepada subjek untuk mengetahui apakah hambatan epistemologi yang teridentifikasi masih muncul atau tidak.

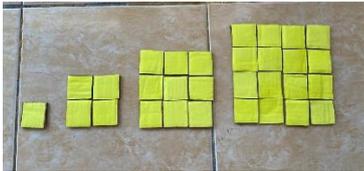
HASIL DAN PEMBAHASAN

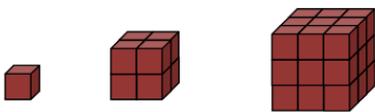
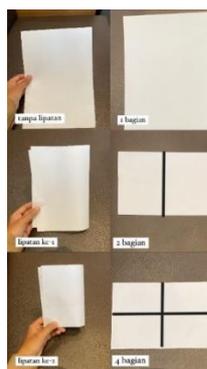
Brousseau (2002: 86) menyatakan bahwa terdapat 3 hambatan belajar: 1) *obstacle of ontogenic origin* (hambatan ontogeni), yaitu terkait kesiapan mental belajar siswa, (2) *obstacle of didactical origin* (hambatan didaktis), yaitu terkait pengajaran guru atau bahan ajar, dan (3)

obstacle of epistemological origin (hambatan epistemologi), yaitu terkait pengetahuan siswa yang memiliki konteks aplikasi yang terbatas. Berdasarkan hasil tes awal yang diberikan kepada siswa kelas IX MTs Islamiyah Pontianak ditemukan bahwa siswa mengalami hambatan epistemologi berupa hambatan konseptual, prosedural, dan teknik operasional.

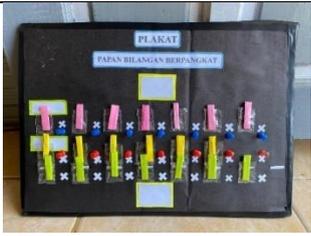
Desain antisipasi didaktis dengan alat peraga disusun dengan mempertimbangkan potensi kemungkinan kesulitan siswa agar dapat mengatasi hambatan epistemologi yang teridentifikasi. Desain antisipasi didaktis yang dikembangkan berisi situasi didaktis, penugasan, prediksi respon, dan antisipasinya.

Tabel 2. Desain antisipasi didaktis dengan alat peraga

Situasi Didaktis	Prediksi Respon	Antisipasi
Diberikan sejumlah pernyataan yang mendeskripsikan konsep perpangkatan.	Respon yang diharapkan: Subjek mampu menunjukkan pernyataan yang benar tentang konsep perpangkatan.	1) Peneliti memulai dengan mengingatkan subjek tentang konsep persegi dan luasnya. 2) Peneliti memberi pertanyaan:
Penugasan: Subjek diminta untuk memilih dan melingkari pernyataan yang dianggap benar.	Kemungkinan kesulitan: a. Subjek mengalami miskonsepsi dalam konsep dasar perpangkatan (hambatan konseptual) b. Keliru dalam menentukan bilangan pokok dan pangkatnya.	 Berapa jumlah persegi satuan yang terdapat dalam setiap gambar berikut ini? 3) Subjek diharapkan mampu menghitung secara mandiri jumlah persegi satuan dalam setiap gambar persegi. Selanjutnya, subjek diminta menuliskan hasil hitungannya pada tabel. 4) Berdasarkan seluruh jawaban subjek dan arahan dari peneliti, diharapkan subjek dapat memahami bahwa untuk menghitung hasil perpangkatan dua dari suatu bilangan, tidak perlu lagi menggunakan gambar, melainkan dapat dilakukan dengan cara mengalikan bilangan tersebut dengan dirinya sendiri.

Situasi Didaktis	Prediksi Respon	Antisipasi
		<p>5) Peneliti melanjutkan dengan mengaitkan perpangkatan dengan konsep kubus. Peneliti menampilkan kubus berikut:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>6) Peneliti menanyakan kepada subjek: Berapa jumlah kubus satuan dalam sebuah kubus yang memiliki panjang rusuk 1, 2, dan 3?</p> <p>7) Berdasarkan semua jawaban subjek dan arahan dari peneliti, diharapkan subjek dapat memahami hubungan antara panjang rusuk kubus dan jumlah kubus satuan yang menggambarkan volume kubus tersebut.</p> <p>8) Peneliti mengarahkan subjek untuk mengidentifikasi bahwa sisi dari persegi maupun kubus mewakili basis atau bilangan pokok dan banyaknya pengulangan adalah pangkatnya.</p> <p>9) Peneliti mengingatkan subjek bahwa ketika menghitung luas atau volume kubus, operasi yang digunakan adalah perkalian, bukan penjumlahan.</p>
<p>Diberikan dua bentuk perpangkatan dengan pangkat positif dan negatif.</p> <p>Penugasan: Subjek diminta membandingkan kedua bentuk perpangkatan tersebut apakah memiliki hasil yang sama.</p>	<p>Respon yang diharapkan: Siswa dapat menggunakan konsep pangkat positif dan pangkat negatif dengan benar.</p> <p>Kemungkinan kesulitan: 1) Siswa kesulitan dengan pangkat yang lebih besar. 2) Siswa kurang memahami konsep dasar bilangan berpangkat negatif. (hambatan konseptual)</p>	<p>1) Peneliti menyiapkan sebuah kertas.</p> <p>2) Peneliti menjelaskan bahwa mereka akan menggunakan kertas ini untuk memahami konsep perpangkatan.</p> <p>3) Selanjutnya peneliti melipat kertas sebanyak 1 kali dan menjelaskan bahwa ini mewakili 2^1. Dilanjutkan dengan melipat kertas menjadi 2 kali dan menjelaskan bahwa ini mewakili 2^2.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Situasi Didaktis	Prediksi Respon	Antisipasi
3) Siswa salah dalam melakukan perhitungan. (hambatan teknik operasional)	4) Peneliti memberikan selembar kertas kepada subjek dan meminta mereka untuk melanjutkannya sendiri. 5) Dari semua jawaban subjek tersebut dan arahan dari peneliti, subjek diharapkan dapat mengetahui bahwa bahwa banyaknya melipat kertas sebagai pangkat dan banyaknya bagian/daerah yang terbentuk sebagai hasilnya. 6) Dengan cara yang sama konsep pangkat negatif dilakukan dengan mengarsir satu daerah lipatan. 7) Peneliti mengarahkan subjek untuk membagi daerah yang diarsir dengan keseluruhan bagian/daerah yang terbentuk. 8) Subjek diharapkan dapat memahami bahwa pangkat negatif sebagai 1 dibagi bentuk pangkat positifnya. 9) Jika subjek terhambat dalam melakukan operasi hitung, peneliti memberikan bimbingan cara melakukan operasi hitung. Bila diperlukan, subjek diminta menghafal perkalian dan pembagian diluar jam pelajaran.	
Diberikan bentuk pangkat dengan hasil perpangkatannya 1.	Respon yang diharapkan: Subjek dapat menggunakan pangkat nol untuk memperoleh nilai 1.	1) Peneliti kembali dengan konsep lipatan kertas sebelumnya. 2) Peneliti menanyakan kepada subjek: Apa yang terjadi atau berapa banyak persegi yang terbentuk jika peneliti tidak melipat kertas?
Penugasan: Subjek diminta membuat bentuk pangkat lain tetapi memiliki nilai yang sama.	Kemungkinan kesulitan: Siswa tidak memahami konsep dasar bilangan berpangkat nol. (hambatan konseptual)	3) Dari seluruh jawaban subjek dan arahan dari peneliti, diharapkan subjek dapat memahami bahwa setiap bilangan (kecuali 0) yang dipangkatkan nol menghasilkan 1.
Diberikan beberapa pernyataan dari bentuk perpangkatan.	Respon yang diharapkan: Subjek dapat menggunakan sifat-sifat perpangkatan dalam menjawab nilai	1) Peneliti menampilkan alat peraga papan bilangan berpangkat "PLAKAT" dan meminta subjek untuk memperhatikan.

Situasi Didaktis	Prediksi Respon	Antisipasi
<p>Penugasan: Subjek diminta menentukan nilai kebenaran dari bentuk perpangkatan yang diberikan.</p>	<p>kebenaran dari pernyataan yang diberikan.</p> <p>Kemungkinan kesulitan:</p> <p>a. Subjek melakukan kesalahan dalam menerapkan langkah-langkah atau prosedur sifat-sifat perpangkatan (hambatan prosedural)</p> <p>b. Ketika menghitung nilai sebuah operasi hitung, siswa melakukan kesalahan.</p> <p>c. Subjek melakukan kesalahan dalam penulisan. (hambatan teknik operasional)</p>	 <p>2) Peneliti mendemonstrasikan alat peraga kepada subjek bagaimana menggunakannya untuk menghitung hasil perpangkatan.</p> <p>3) Peneliti memberikan beberapa contoh perpangkatan kepada siswa dan meminta subjek untuk menggunakan plakat perpangkatan untuk mencari hasilnya.</p> <p>4) Peneliti meminta subjek untuk memeriksa kembali setiap hasil perhitungannya.</p> <p>5) Peneliti menekankan kembali sifat-sifat perpangkatan dan mengarahkan subjek menguraikan prosedurnya.</p>
<p>Disajikan gambar kado yang berbentuk kubus dan tutup yang berbentuk persegi dengan sisi yang ditentukan.</p> <p>Penugasan: Subjek diminta menentukan luas dari tutup kado tersebut.</p>	<p>Respon yang diharapkan: Subjek dapat menentukan luas dengan prosedur yang benar.</p> <p>Kemungkinan kesulitan:</p> <p>a. Subjek kesulitan memahami soal cerita.</p> <p>b. Kesulitan mengidentifikasi panjang sisi dalam bentuk pangkat.</p> <p>c. Subjek tidak mampu melakukan operasi perkalian bentuk aljabar. (hambatan prosedural)</p> <p>d. Subjek menggunakan sifat perpangkatan yang tidak tepat. (hambatan prosedural)</p>	<p>1) Peneliti meminta subjek untuk menuliskan informasi yang diketahui dari soal.</p> <p>2) Subjek diminta mengingat kembali cara menghitung luas persegi.</p> <p>3) Peneliti membimbing subjek untuk melakukan operasi perkalian (satu diantaranya metode perkalian pelangi).</p> <p>4) Jika subjek menggunakan sifat perpangkatan yang tidak tepat dalam perkalian aljabar seperti: $(x + 5) \times (x + 5) = (x + 5)^2$ $(x + 5) \times (x + 5) = x^2 + 5^2$ $(x + 5) \times (x + 5) = x^2 + 25$ Peneliti mengingatkan Kembali subjek syarat berlakunya sifat tersebut.</p> <p>5) Peneliti mengarahkan subjek untuk memeriksa kembali hasil perhitungannya.</p>

Situasi Didaktis	Prediksi Respon	Antisipasi
	e. Ketika menghitung nilai sebuah operasi hitung, siswa melakukan kesalahan. (hambatan teknik operasional)	
	f. Subjek melakukan kesalahan dalam penulisan. (hambatan teknik operasional)	

Adapun implementasi antisipasi didaktis ini dilaksanakan dalam 2 pertemuan dengan durasi 120 menit/ pertemuan. Pada pertemuan pertama, peneliti mengimplementasikan situasi didaktis 1, 2, dan 3 sedangkan pertemuan kedua untuk situasi didaktis 4 dan 5. Peneliti menerapkan desain antisipasi didaktis dengan alat peraga dengan memberikan kepada 3 subjek secara bersamaan saat implementasi. Selain itu, peneliti juga memberikan bimbingan secara individu kepada subjek yang masih mengalami kendala pada bagian-bagian yang masih perlu dipahami. Dalam proses pengimplementasiannya, respon siswa yang muncul sesuai dengan prediksi yang peneliti tuangkan pada desain. Berikut ini adalah analisis beberapa hasil tes awal dan akhir subjek penelitian.

1. Subjek S-1

1. Perhatikan pernyataan berikut ini!
Pilih dan lingkari pernyataan mana saja yang Anda anggap benar.
- a. 2^2 berarti $2 + 2$
 - b. 2^2 berarti 2×2
 - c. 2^2 berarti bilangan pokok 2 dikalikan dengan bilangan pangkat 2
 - d. 2^2 berarti bilangan pokok 2 ditambah bilangan pangkat 2
 - e. 2^2 berarti bilangan pangkat 2 dikalikan sebanyak bilangan pokok 2
 - f. 2^2 berarti bilangan pokok 2 dikalikan sebanyak bilangan pangkat 2

Gambar 1. Hasil jawaban subjek S-1 pada tes awal nomor 1

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa Subjek S-1 belum dapat memahami konsep dasar perpangkatan dengan benar. Hasil tes awal menunjukkan bahwa subjek

mengalami hambatan konseptual ditandai dengan ketidakmampuan menjelaskan konsep dasar perpangkatan. Subjek keliru dalam mendeskripsikan bentuk pangkat dengan melingkari pernyataan e, yaitu 2^2 berarti bilangan pangkat 2 dikalikan sebanyak bilangan pokok 2. Setelah memberikan tes awal, peneliti melakukan wawancara kepada subjek. Berikut adalah kutipan wawancara dengan subjek S-1.

P : "Coba kamu liat soal dan jawaban yang sudah kamu kerjakan. "Paham tidak maksud dari soal nomor satu?"

S-1 : "Sedikit"

P : "Apa maksudnya dari pertanyaan itu, disuruh apa?"

S-1 : "Cari yang mana yang benar"

P : "Menurut kamu pernyataan mana yang benar?"

S-1 : "B, 2^2 sama dengan 2×2 dan E, 2^2 berarti bilangan pangkat 2 dikalikan sebanyak bilangan pokok 2"

P : "Ini kan pernyataan E bilangan pangkat dikalikan sebanyak bilangan pokok ya, tapi kamu tau tidak bilangan

pokok yang mana bilangan pangkat yang mana

S-1 : *“Sebenarnya bingung sama lupa juga bu yang mana bilangan pokok yang mana bilangan pangkat, jadi saya asal lingkari saja”*

P : *“Yang pernyataan E itu asal lingkari saja? Tidak ada pertimbangan apapun?”*

S-1 : *“Iya bu asal lingkari saja”*

P : *“Jadi kamu bisa menguraikannya, tapi kalau pakai deskripsi kalimat gini kebingungan?”*

S-1 : *“Iya bu saya bingung kalau yang itu, makanya saya asal-asal saja”*

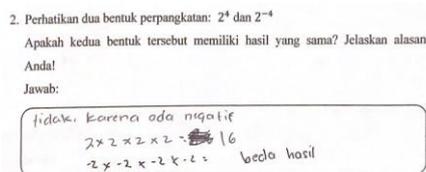
Hasil wawancara menunjukkan bahwa subjek S-1 mengalami hambatan epistemologi berupa hambatan konseptual ditandai dengan ketidakmampuan menunjukkan dan menjelaskan konsep dasar. Hal ini dilihat dari ketidakmampuan subjek menjelaskan $2^2 = 2 \times 2$ dalam bentuk deskripsi kalimat. Subjek mengaku bingung dan lupa membedakan bilangan pokok dan bilangan pangkat sehingga hanya melingkari jawaban dengan asal tanpa pertimbangan. Selanjutnya, subjek S-1 diarahkan untuk mengerjakan soal tes akhir setelah menerapkan desain antisipasi didaktis. Hasil pekerjaan subjek tercantum pada Gambar 2.

1. Perhatikan pernyataan berikut ini!
Pilih dan lingkari pernyataan mana saja yang Anda anggap benar.
 - a. 2^3 berarti 2×3
 - b. 2^3 berarti $2 + 3$
 - c. 2^3 berarti 3×3
 - d. 2^3 berarti $2 \times 2 \times 2$
 - e. 2^3 berarti bilangan pokok 2 dikalikan dengan bilangan pangkat 3
 - f. 2^3 berarti bilangan pokok 2 ditambah bilangan pangkat 3
 - g. 2^3 berarti bilangan pangkat 3 dikalikan sebanyak bilangan pokok
 - h. 2^3 berarti bilangan pokok 2 dikalikan sebanyak bilangan pangkat

Gambar 2. Hasil jawaban subjek S-1 pada tes akhir nomor 1

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa Subjek S-1 dapat memahami konsep bilangan berpangkat positif. Subjek mampu

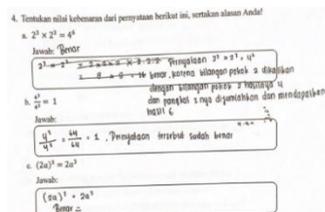
menguraikan bentuk 2^3 sebagai $2 \times 2 \times 2$. Subjek juga dapat mendeskripsikan bentuk 2^3 yaitu bilangan pokok 2 dikalikan sebanyak bilangan pangkat. Dari hasil tes akhir disimpulkan bahwa Subjek S-1 tidak mengalami hambatan konseptual.



Gambar 3. Hasil jawaban subjek S-1 pada tes awal nomor 2

Subjek juga menunjukkan hambatan teknik operasional ditandai dengan ketidakmampuan menghitung nilai sebuah operasi hitung. Hal ini dilihat dari jawaban subjek yang tidak mengisi hasil akhirnya dari operasi perkalian bilangan negatif. Namun, setelah penerapan desain antisipasi didaktis, kesalahan perhitungan sudah tidak ditemukan pada tes akhir.

2. Subjek S-3



Gambar 4. Hasil jawaban subjek S-3 pada tes awal nomor 4

Berdasarkan hasil tes awal pada Gambar 4 terlihat bahwa Subjek S-3 belum dapat menerapkan sifat-sifat perpangkatan. Hasil tes awal menunjukkan bahwa subjek terindikasi mengalami hambatan prosedural ditandai dengan ketidaktepatan dan ketidakmampuan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang subjek lakukan. Pada poin a, subjek menjawab pernyataan benar dengan cara kedua bilangan pokok dikalikan dan bilangan pangkatnya ditambah. Subjek salah dalam menerapkan sifat perpangkatan dengan bilangan pokok yang sama. Pada

poin b, subjek menjawab pernyataan tersebut benar, dengan menguraikan 4^3 terlebih dahulu kemudian membagi hasilnya sehingga mendapatkan hasil 1. Subjek tidak menerapkan sifat perpangkatan dengan bilangan pokok yang sama. Pada poin c, subjek menjawab pernyataan tersebut benar, namun tidak memberikan alasan yang jelas.

P : "Oke lanjut nomor 4, silakan dibaca soalnya!"

S-3 : "(membaca soal)"

P : "Paham tidak maksud soalnya?"

S-3 : "Kita disuruh nulis dari pernyataannya ini benar atau salah"

P : "Kalau poin a gimana cara kamu mengerjakannya?"

S-3 : "Ini sebenarnya saya sempat kebingungan bu, awalnya saya kayak gini, tapi kayak salah jawabannya, tapi saya pikir lagi mungkin bisa 2×2 terus $3 + 3$ dijumlahkan"

P : "Jadi bilangan pokoknya dikalikan, bilangan pangkatnya ditambah?"

S-3 : "Ya"

P : "Yakin tidak sama jawabannya"

S-3 : "Tidak, Bu"

P : "Kesulitannya di bagian mana?"

S-3 : "Tidak tau bu, saya lupa"

P : "Oke, coba yang poin b"

S-3 : "(membaca soal)"

P : "Gimana cara kamu mengerjakannya?"

S-3 : " 4^3 kan 64 bu, $\frac{64}{64} = 1$ "

P : "Tidak menggunakan sifat perpangkatan untuk pembagian?"

S-3 : "Tidak bu, tidak tau"

P : "Soalnya mudah atau sulit yang poin b"

S-3 : "Mudah bu"

P : "Seberapa yakin jawabannya benar?"

S-3 : "Yakin"

P : "Yang poin c coba"

S-3 : "(membaca soal)"

P : "Gimana kamu mengerjakannya?"

S-3 : "Tidak tau"

P : "Itu jawabnya 'benar'?"

S-3 : "Tidak tau bu, insting saja"

P : "Berarti sama hasilnya?"

S-3 : "Sama"

P : "Bedanya apa?"

S-3 : "Bedanya ini ada kurung, ini tidak ada"

P : "Berarti walau ada kurung atau tidak hasilnya tetap sama?"

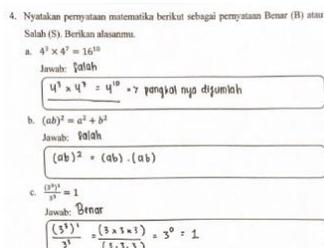
S-3 : "Ya bu"

P : "Yakin tidak jawabannya benar?"

S-3 : "Kurang yakin"

Hasil wawancara menunjukkan bahwa subjek terindikasi mengalami hambatan prosedural ditandai dengan ketidaktepatan dan ketidakmampuan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang subjek lakukan. Pada poin a, subjek awalnya mengalami kebingungan dan memberikan jawaban awal yang dirasa subjek kurang tepat, kemudian setelah mempertimbangkan cara yang lain, yaitu dengan mengalikan bilangan pokok dan menjumlahkan pangkat, subjek merasa yakin pernyataan tersebut benar. Pada poin b, subjek tidak mengetahui cara menggunakan sifat perpangkatan untuk pembagian sehingga subjek menguraikan bentuk pangkatnya terlebih dahulu lalu membagi keduanya. Pada poin c, subjek mengaku tidak tahu cara mengerjakan soal tersebut. Subjek menganggap bahwa ada atau tidak tandan kurung hasilnya tetap

sama. Oleh karena itu, berdasarkan hasil tes awal dan wawancara dapat diambil kesimpulan bahwa subjek S-3 mengalami hambatan epistemologi berupa hambatan prosedural pada soal nomor 4. Selanjutnya, subjek S-3 diarahkan untuk mengerjakan soal tes akhir setelah implementasi desain antisipasi didaktis. Hasil pekerjaan subjek tercantum pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil jawaban subjek S-3 pada tes akhir nomor 4

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa subjek S-3 dapat memahami sifat-sifat perpangkatan. Untuk poin a, subjek menjawab pernyataan tersebut salah karena seharusnya bilangan pangkatnya saja yang dijumlah. Untuk poin b, subjek menjawab pernyataan tersebut salah karena hasil dari $(ab)^2$ seharusnya $(ab)(ab)$. Subjek tidak mampu menyederhanakan bentuk $(ab)(ab)$ sebagai a^2b^2 . Untuk poin c, subjek menjawab pernyataan tersebut benar, karena hasil pembagian tersebut adalah 3^0 yaitu 1.

Berdasarkan hasil tes awal, ketiga subjek mengalami hambatan konseptual, prosedural, dan teknik operasional dalam materi perpangkatan. Hasil tes awal menunjukkan subjek mengalami hambatan konseptual dilihat dari ketidakmampuan menunjukkan dan menjelaskan konsep dasar. Hal ini menunjukkan pemahaman yang terbatas tentang bagaimana operasi perpangkatan sebenarnya bekerja, seperti yang terlihat dari kebingungan saat diminta menjelaskan prosesnya.

Antisipasi didaktis yang peneliti lakukan untuk mengatasi hambatan

konseptual ketidakmampuan konsep dasar bilangan positif adalah memberikan *scaffolding* kepada subjek dengan alat peraga persegi, kubus, dan kertas. Dalam antisipasi didaktis yang sudah dirancang pada desain, subjek diprediksi mengalami kesulitan dalam membedakan bilangan pokok dan bilangan pangkat. Senada dengan hasil penelitian menunjukkan umumnya subjek memiliki pemahaman yang kurang dalam bilangan pokok dan pangkat. Pada saat implementasi, peneliti mengarahkan siswa bekerja pada persegi, kubus dan kertas untuk menemukan konsep perpangkatan. Dalam aktivitas ini, subjek dapat mengetahui bahwa panjang sisi persegi dan kubus adalah bilangan pokok dan banyaknya pengulangan sebagai bilangan pangkat. Subjek S-2 juga sempat teridentifikasi mengalami miskonsepsi dalam konsep perpangkatan dengan menguraikan bilangan 2^2 sebagai penjumlahan berulang. Hal ini juga menunjukkan kesesuaian dengan prediksi atas kemungkinan kesulitan siswa dalam antisipasi didaktis yang dirancang. Dengan alat peraga persegi dan kubus, subjek bekerja dengan mencari luas dan volumenya. Peneliti menekankan kepada subjek bahwa untuk mencari luas dan volume ini operasi yang digunakan adalah operasi perkalian. Selain itu, untuk memperkuat pemahaman subjek dalam konsep perpangkatan, peneliti menunjukkan alat peraga kertas. Dengan bimbingan peneliti, subjek melakukan aktivitas melipat kertas untuk menemukan konsep perpangkatan khususnya untuk bilangan dengan basis 2. Dari aktivitas ini, subjek mengetahui bahwa banyak melipat kertas adalah bilangan pangkatnya dan banyak bagian/daerah yang terbentuk sebagai hasilnya.

Selanjutnya dari temuan penelitian menyebutkan ketiga subjek mengalami

kesulitan dalam konsep bilangan berpangkat negatif. Antisipasi didaktis yang dirancang peneliti dengan melanjutkan aktivitas melipat kertas. Perbedaannya, setelah kertas dilipat, peneliti mengarahkan subjek untuk mengarsir terlebih dahulu satu daerah lipatan. Kemudian, untuk menentukan hasilnya subjek membagi daerah yang diarsir dengan keseluruhan bagian/daerah terbentuk. Sehingga subjek dapat mengetahui bahwa pangkat negatif sebagai 1 dibagi bentuk pangkat positifnya. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa subjek kesulitan dalam menentukan hasil bilangan berpangkat nol. Hal ini sesuai dengan kemungkinan kesulitan yang diprediksi dalam antisipasi didaktis yang telah dirancang. Peneliti memberikan arahan kembali kepada subjek untuk bekerja dengan kertasnya. Peneliti memberikan *scaffolding* berupa pertanyaan: "*berapa bagian kertas yang terbentuk jika kertas ini tidak dilipat?*". Subjek langsung dapat menjawab 0. Dari aktivitas ini subjek dengan bimbingan peneliti dapat menemukan bahwa bilangan yang dipangkatkan nol akan menghasilkan nol.

Berdasarkan hasil tes akhir menunjukkan bahwa hambatan konseptual

yang dialami Subjek S-1 berkurang, yakni sudah mampu menunjukkan dan menjelaskan konsep dasar bilangan positif dan nol. Meskipun konsep dasar bilangan negatif masih teridentifikasi. Adapun hambatan konseptual S-2 sudah teratasi dilihat dari tes akhir yang menunjukkan hambatan konseptual sudah tidak muncul. Subjek S-3 pada awalnya terindikasi mengalami hambatan konseptual pada bilangan negatif dan nol. Dari hasil tes akhir, S-3 sudah mampu menguraikan bilangan berpangkat negatif hanya saja tidak memberikan penjelasan terkait jawabannya. Selain itu, ketiga subjek sudah tidak terindikasi mengalami hambatan konseptual dalam menentukan hasil bilangan berpangkat nol. Berdasarkan Tabel 3, rata-rata penurunan persentase untuk semua subjek sebesar 77,78%. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Alfian dkk, 2016) menegaskan pentingnya intervensi didaktis yang dirancang dengan baik untuk mengatasi hambatan konseptual. Penelitian Nugraha & Somatanaya (2018) menunjukkan bahwa menggunakan bantuan alat peraga dapat merangsang pemahaman siswa terhadap konsep abstrak matematika.

Tabel 3 Perubahan hambatan konseptual

Kode Subjek	No. soal	Indikator Hambatan Konseptual	Hambatan sebelum treatment	Hambatan setelah treatment	Ket
S-1	1	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan positif	√	-	Teratasi
		Tidak mampu menjelaskan konsep dasar bilangan positif	√	-	Teratasi
	2	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan negatif	√	√	Belum Teratasi
		Tidak mampu menjelaskan konsep dasar bilangan negatif	√	√	Belum Teratasi
	3	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan nol	√	-	Teratasi

Kode Subjek	No. soal	Indikator Hambatan Konseptual	Hambatan sebelum treatment	Hambatan setelah treatment	Ket
	4	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar	√	-	Teratasi
		Tidak mampu menjelaskan konsep dasar	√	-	Teratasi
S-2	1	Tidak mampu menjelaskan konsep dasar bilangan positif	√	-	Teratasi
	2	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan negatif	√	-	Teratasi
		Tidak mampu menjelaskan konsep dasar bilangan negatif	√	-	Teratasi
	3	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan nol	√	-	Teratasi
S-3	2	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan negatif	√	-	Teratasi
		Tidak mampu menjelaskan konsep dasar bilangan negatif	√	√	Belum Teratasi
	3	Tidak mampu menunjukkan konsep dasar bilangan nol	√	-	Teratasi

Adapun sebelum implementasi antisipasi didaktis, ketiga subjek mengalami hambatan prosedural dilihat dari ketidaktepatan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang siswa lakukan, khususnya dalam menerapkan prosedur sifat-sifat perpangkatan. Selain itu, subjek juga tidak dapat menyelesaikan soal sampai bentuk yang paling sederhana. Senada dengan yang diungkapkan oleh (Sukmana & Arhasy, 2019) ketidaktepatan jawaban siswa sering kali disebabkan oleh metode belajar yang bergantung pada hafalan materi pelajaran. Hal ini mengakibatkan siswa cepat lupa terhadap materi yang telah disampaikan dan mengakibatkan ketidakjelasan konsep saat mengerjakan soal perpangkatan. Sejalan dengan hasil penelitian (Putriana et al., 2024) bahwa siswa sering kali mengalami kesalahan prosedural dalam menyelesaikan soal materi

perpangkatan. Kesalahan tersebut mencakup tidak menyelesaikan soal hingga tahap akhir dan ketidakmampuan untuk menyederhanakan hasil hingga bentuk yang paling sederhana, serta ketidakakuratan dalam menjawab soal.

Antisipasi didaktis yang peneliti berikan untuk mengurangi hambatan prosedural adalah dengan alat peraga "PLAKAT". Peneliti mendemonstrasikan terlebih dahulu penggunaan alat peraga plakat untuk memahami sifat sifat perpangkatan. Kemudian, masing-masing subjek mencoba menggunakan alat peraga plakat sesuai contoh soal yang peneliti berikan. Setelah mencoba latihan soal sifat-sifat perpangkatan dengan dan tanpa alat peraga "PLAKAT", peneliti mengarahkan subjek untuk menguraikan setiap prosedur dalam sifat perpangkatan.

Setelah implementasi antisipasi didaktis, hasil tes akhir menunjukkan

hambatan prosedural subjek berkurang. Meskipun S-1 masih terindikasi melakukan beberapa kesalahan dalam menerapkan sifat perpangkatan, namun sudah menunjukkan kemampuan menerapkan sifat untuk perkalian bilangan berpangkat dengan basis yang sama. Subjek S-2 juga sudah mampu menerapkan operasi perkalian maupun pembagian perpangkatan dengan bilangan pokok yang sama. Adapun hambatan prosedural S-3 yang pada tes awal terindikasi melakukan ketidaktepatan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang subjek

lakukan, pada hasil tes akhir hambatan tersebut sudah tidak muncul lagi. Berdasarkan Tabel 4, rata-rata penurunan persentase untuk semua subjek sebesar 50%. Sejalan dengan (Putri, 2024) bahwa kemampuan pemahaman matematis siswa meningkat dengan pembelajaran menggunakan alat peraga "PLAKAT" dalam materi perpangkatan. Didukung oleh temuan (Ramdani, 2021) bahwa antisipasi didaktis dapat efektif dalam mengatasi masalah terkait pengetahuan konseptual dan prosedural matematika siswa.

Tabel 4 *Perubahan hambatan prosedural*

Kode Subjek	No. soal	Indikator Hambatan Prosedural	Hambatan sebelum treatment	Hambatan setelah treatment	Ket
S-1	4a	Ketidaktepatan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang siswa lakukan	√	-	Teratasi
	4b		√	√	Belum Teratasi
	4c		√	√	Belum Teratasi
	5		√	√	Belum Teratasi
S-2	4a	Ketidaktepatan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang siswa lakukan.	√	-	Teratasi
	4b		√	-	Teratasi
	4c		√	√	Belum Teratasi
	5		√	√	Belum Teratasi
S-3	4a	Ketidaktepatan cara menyelesaikan soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang siswa lakukan	√	-	Teratasi
	4b		√	-	Teratasi
		Siswa tidak dapat menyelesaikan soal sampai bentuk yang paling sederhana.	-	√	Belum Teratasi
	4c	Ketidaktepatan cara menyelesaikan	√	-	Teratasi
	5	soal yang diperintahkan dengan cara penyelesaian yang siswa lakukan	√	-	Teratasi

Hasil tes awal juga menunjukkan ketiga subjek mengalami hambatan teknik operasional, dilihat dari kesalahan dalam

perhitungan dan penulisan. Subjek S-1 tidak mampu melakukan operasi perkalian bilangan negatif, dan salah dalam

melakukan operasi perkalian. Subjek S-1, S-2, S-3 salah dalam penulisan dan tidak menuliskan satuan luas pada hasil akhir. Kesalahan ini terjadi akibat kurangnya keterampilan terkait operasi dasar matematika. Dengan kata lain, siswa mampu mengerjakan soal yang diberikan, namun sering melakukan kesalahan dalam perhitungan dan tidak dapat mengikuti prosedur penyelesaian dengan benar (Sari &

Fikrati, 2023). Selain itu, ada kecerobohan siswa dalam perhitungan mengakibatkan hasil akhir yang tidak sesuai dengan jawaban yang diharapkan. Sejalan dengan temuan ini, (Upu et al., 2022) juga menyebutkan bahwa siswa sering melakukan perhitungan yang salah atau tidak teliti saat mengerjakan soal, yang menyebabkan kesalahan dalam penulisan jawaban akhir.

Tabel 5 Perubahan hambatan teknik operasional

Kode Subjek	No. soal	Indikator Hambatan Teknik Operasional	Hambatan sebelum <i>treatment</i>	Hambatan setelah <i>treatment</i>	Ket
S-1	2	Ketidakmampuan atau kesalahan dalam menghitung nilai sebuah operasi hitung	√	-	Teratasi
	4		√	-	Teratasi
	5		√	-	Teratasi
	5	Siswa melakukan kesalahan dalam penulisan	√	√	Belum Teratasi
S-2	5	Siswa melakukan kesalahan dalam penulisan	√	√	Belum Teratasi
S-3	5	Siswa melakukan kesalahan dalam penulisan	√	√	Belum Teratasi

Berdasarkan Tabel 5 perubahan hambatan teknik operasional yang dialami oleh subjek penelitian setelah diberikan *treatment* memperoleh penurunan persentase sebesar 25%. Hambatan yang berkaitan dengan teknik operasional dalam menghitung nilai operasi hitung berhasil teratasi pada Subjek S-1 untuk soal 2, 4, dan 5. Hal ini mengindikasikan bahwa antisipasi didaktis yang diterapkan mampu mengoptimalkan siswa dalam menyelesaikan persoalan berbasis kalkulasi. Namun, pada indikator hambatan lain, yaitu kesalahan dalam penulisan, pola yang konsisten terlihat pada seluruh subjek, termasuk S-1, S-2, dan S-3, di mana hambatan tersebut tetap bertahan meskipun *treatment* telah dilakukan.

Rancangan antisipasi didaktis untuk meminimalisir hambatan teknik operasional yakni peneliti mengarahkan subjek agar memeriksa kembali hasil perhitungannya. Selain itu, upaya antisipasi didaktis pada subjek yang tidak mampu melakukan operasi hitung, diberikan bimbingan cara melakukan operasi hitung, khususnya operasi perkalian. Sejalan dengan pendapat Azzahro (2023), pemberian bantuan yang sesuai dapat mengatasi kesulitan siswa dalam keterampilan operasi hitung dan meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam menghadapi tantangan matematika. Dengan demikian, meskipun *treatment* mampu mengatasi hambatan operasional pada level perhitungan, kesalahan penulisan mengisyaratkan perlunya desain pembelajaran yang lebih holistik untuk

memastikan keberlanjutan perbaikan pada berbagai aspek teknik operasional siswa.

SIMPULAN

Hasil tes awal dan wawancara, subjek penelitian memerlukan bantuan dan bimbingan lebih lanjut mengenai materi perpangkatan. Ketiga subjek mengalami hambatan epistemologi yakni hambatan konseptual, prosedural, dan teknik operasional. Desain antisipasi didaktis dengan alat peraga disusun untuk mengatasi hambatan epistemologi tersebut. Desain ini meliputi situasi didaktis, penugasan, respon yang diharapkan, kemungkinan kesulitan, dan antisipasinya. Adapun dalam antisipasi kesulitan siswa digunakan alat peraga yaitu persegi, kubus, kertas, dan PLAKAT. Saat proses implementasi respon siswa yang muncul sesuai dengan desain yang dibuat.

Setelah implementasi antisipasi didaktis dengan alat peraga, perubahan hambatan epistemologi yang dialami subjek berkurang. Hal ini dilihat dari ketiga subjek tidak terindikasi mengalami hambatan konseptual pada konsep dasar bilangan positif dan nol. Sementara itu, 2 dari 3 subjek sudah mampu menunjukkan konsep bilangan berpangkat negatif. Adapun, hambatan prosedural subjek juga berkurang dalam menyelesaikan soal tes akhir. Ketiga subjek sudah mampu menerapkan prosedur yang tepat dalam sifat perpangkatan seperti perkalian bilangan pangkat dengan basis yang sama, sementara 2 dari 3 subjek sudah mampu menerapkan prosedur yang tepat dalam sifat perpangkatan 2 bilangan yang dipangkatkan dan pembagian bilangan pangkat dengan basis yang sama. Adapun perubahan hambatan teknik operasional, subjek sudah dapat menghitung dengan benar nilai dari suatu operasi hitung. Perubahan hambatan epistemologi subjek setelah implementasi yang menunjukkan

hambatan epistemologi siswa mengalami penurunan. Hal ini dilihat dari persentase penurunan hambatan konseptual, prosedural, dan teknik operasional masing-masing sebesar 77,78%, 50%, dan 25%. Berdasarkan analisis perubahan yang terjadi, dapat disimpulkan bahwa antisipasi didaktis dengan alat peraga dapat mengatasi sebagian besar hambatan epistemologi siswa dalam materi perpangkatan kelas IX

Rekomendasi untuk peneliti yang hendak melakukan penelitian lanjutan agar menyempurnakan desain antisipasi didaktis yang telah disusun dengan memperhatikan situasi baru yang mungkin muncul dari respon siswa dalam setiap situasi didaktis yang diberikan. Penelitian lanjutan juga dapat difokuskan pada materi matematika lainnya yang juga dianggap sulit oleh siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, H., Sugiatno, & Hamdani. (2016). Mengatasi Hambatan Pemahaman Konseptual Matematis dengan Pendekatan Antisipasi Didaktis Materi Dalil Pythagoras di SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 6(1), 1–16.
- Aprilia, M. (2015). Mengatasi Kesulitan Pemahaman Konseptual dengan Pendekatan Antisipasi Didaktis Materi Penjumlahan Pecahan di SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 5(1), 1–14.
- Brousseau, G. (2002). Theory of Didactical Situations in Mathematics. In *Kluwer Academic Publishers*. <https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2>
- Buhaerah, B., Nasir, M., Busrah, Z., & Aras, A. (2023). Scaffolding on Sequence and Series Learning for Didactic Anticipation. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 7(1), 69–82.

- <https://doi.org/10.35706/sjme.v7i1.7019>
- Cesaria, A., & Herman, T. (2019). Learning Obstacle in Geometry. *Journal of Engineering Science and Technology*, *14*(3), 1271–1280.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for Educational Practice of The Science of Learning and Development. *Applied Developmental Science*, *24*(2), 97–140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>
- Genc, M., & Ergun, S. (2022). Teaching geometry through didactical situations: the case of the triangle inequality. *Acta Didactica Napocensia*, *15*(2), 123–141. <https://doi.org/10.24193/adn.15.2.8>
- Joubert, M. (2017). Revisiting Theory for the Design of Tasks: Special Considerations for Digital Environments. *Digital Technologies in Designing Mathematics Education Tasks*, 17–40. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43423-0_2
- Lestari, Y. N., Sugiatno, S., & Hartoyo, A. (2020). Antisipasi Didaktis Berstruktur Konflik Kognitif untuk Mengatasi Hambatan Belajar Siswa dalam Materi Penjumlahan dan Pengurangan Bilangan Bulat. *Jurnal AlphaEuclidEdu*, *1*(1), 35. <https://doi.org/10.26418/ja.v1i1.41645>
- Mahyudi, Endaryono, & Saputra, A. (2023). Analisis Epistemological Obstacles Mahasiswa Memahami Konsep Matriks dalam Hubungannya dengan Pendidikan Karakter. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika*, *5*(April), 13–22.
- Martins, M., da Ponte, J. P., & Mata-Pereira, J. (2023). Preparing, leading, and reflecting on whole-class discussions: How prospective mathematics teachers develop their knowledge during lesson study. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *11*(1), 33–48. <https://doi.org/10.30935/scimath/12432>
- Mutazam, M., Tandililing, E., & Hartoyo, A. (2017). Pembelajaran NHT Berstruktur Antisipasi Didaktis untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis dan Penyelesaian Masalah Matematika. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, *13*(3), 1576–1580.
- Nabila Azzahro, A., Adila Rahmah, D., Nur Maziyah, E., Safarina Fadliyah, L., & PGRI Adi Buana Surabaya, U. (2023). Pendampingan bimbingan Belajar untuk mengatasi kesulitan Belajar Operasi Hitung melalui Teka-Teki Silang Tutoring Guidance to Overcome Learning Difficulties In Arithmetic Operations Through Crossword Puzzles. *Jurnal Indopedia (Inovasi Pembelajaran Dan Pendidikan)*, *1*(2), 423–431.
- Nuban, A., Sugiatno, & Nursangaji, A. (2020). Hambatan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Bentuk Pangkat Berdasarkan Kriteria Kesalahan Watson di SMA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, *1*(1), 1–12.
- Nugraha, D. A., & Somatanaya, A. G. (2018). Pelatihan Perancangan dan Aplikasi Alat Peraga Matematika Sekolah Dasar. *Jurnal Pengabdian Siliwangi*, *4*, 186–191.
- Nurhazizah, Sugiatno, & Ahmad, D. (2017). Mengatasi Hambatan Belajar Problem Solving Matematis Siswa dengan Antisipasi Didaktis di Sekolah

- Menengah Pertama. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Untan*, 6(6), 1–15.
- Orsola, C. M., Glorian, M. J. P., & Stromskag, H. (2018). Theory of Didactical Situation as a Tool to Understand and Develop Mathematics Teaching Practices. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 145–173.
- Parame-Decin, M. B. (2023). Visual Representations in Teaching Mathematics. *Sprin Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 2(05), 21–30.
<https://doi.org/10.55559/sjahss.v2i05.107>
- Putri, A. N. H. M. (2024). *Efektivitas model pembelajaran kooperatif tipe number head Together (NHT) berbantuan alat peraga plakat dalam meningkatkan kemampuan pemahaman matematis siswa pada materi perpangkatan dan bentuk akar di MTs Syarif Hidayah Doro.*
- Putri, F. L., Sarjoko, & Hamdani. (2022). Identifikasi Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar di Kelas IX SMPN 2 Tasik Payawan. *Jurnal Pendidikan*, 23, 1–9.
<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Kreatif/article/view/3356/2392>
- Putriana, D., Harun, L., & Utami, R. E. (2024). Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Tahapan Kastolan dalam Menyelesaikan Soal Materi Perpangkatan dan Bentuk Akar Ditinjau dari Gaya Kognitif Implusif. *Imajiner: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(5), 321–327.
<https://doi.org/10.26877/imajiner.v5i5.15819>
- Ramdani, N. (2021). Mengatasi Problematika Pengetahuan Konseptual Dan Prosedural Dengan Pendekatan Antisipasi Didaktis Materi Pola Bilangan Siswa Kelas Viii Di Smp 13 Malang. *DIKMAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 01(02), 8–16.
- Sari, E. P., & Fikrati, A. N. (2023). Analisis Kesalahan Siswa SD Dalam Menyelesaikan Soal Pembagian Bersusun Porogapit Berdasarkan Kemampuan Matematika,. *Edumath*, 15(1), 1–6.
- Spreitzer, C., Hafner, S., Krainer, K., & Vohns, A. (2023). Effects of Generic and Subject-Didactic Teaching Characteristics on Student Performance in Mathematics in Secondary School: A Scoping Review. *European Journal of Educational Research*, 11(2), 711–737.
- Sukmana, E. I., & Arhasy, H. E. A. R. (2019). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar pada Siswa Kelas X SMK Negeri 1 Kawali Tahun Ajaran 2018/2019. *Prosiding Seminar Nasional & Call Papers*, 176–186.
- Sukmawati, R., Hartoyo, A., & Hamdani. (2018). Pendekatan Antisipasi Didaktis untuk Mengatasi Hambatan Number Sense Siswa Materi Penjumlahan Pecahan di MTs. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 7(8), 1–12.
- Sullivan, P., Knott, L., & Yang, Y. (2018). *The Relationships Between Task Design, Anticipated Pedagogies, and Student Learning.*
https://doi.org/10.1007/978-3-662-55781-5_11
- Suryadi, D. (2010). Penelitian Pembelajaran Matematika untuk Pembentukan Karakter Bangsa. *Penelitian Pembelajaran Matematika*, November, 1–14.

Suryadi, D. (2013). Didactical Design Research (DDR) dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika STKIP Siliwangi Bandung*, 1, 3.

Upu, A., Taneo, P. N. L., & Daniel, F. (2022). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Berdasarkan Tahapan Newman dan Upaya Pemberian Scaffolding Analysis of Student Errors in Solving Story Problems Based on Newman ' s Stages and Scaffolding Efforts. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(April).