

Penerapan *Didactical Design Research* (DDR) Pada Materi Teorema Pythagoras di Kelas VIII SMP Negeri 3 Kuningan

Siska Nurfadilah Sri Kusumah¹, Uba Umbara²

¹ STKIP Muhammadiyah Kuningan, Indonesia

² STKIP Muhammadiyah Kuningan, Indonesia

Email : ✉ siskanurfadilah451@gmail.com

Article Info

Article History

Submitted: 20-10-2024

Revised: 20-12-2024

Accepted: 26-12-2024

Keywords:

Didactical Design Research;
Learning Obstacle;
Learning Trajectory;
Pythagoras

Abstract

Penelitian ini menggunakan metode *Didactical Design Research* (DDR) dengan pendekatan **kualitatif**, melibatkan 33 siswa kelas VIII A di SMP Negeri III sebagai subjek penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi **kesulitan belajar** dan **lintasan belajar** siswa dalam pembelajaran matematika pada materi **teorema Pythagoras**, mengembangkan **desain didaktis** untuk mengatasi kesulitan tersebut, menganalisis **respon siswa** terhadap implementasi desain didaktis, serta memperoleh gambaran **desain didaktis empirik** yang dihasilkan dari penerapan desain tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa mengalami **learning obstacle** yang teridentifikasi dalam tiga kategori utama, yaitu **hambatan ontogenik** (ontogenical obstacle), **hambatan epistemologis** (epistemological obstacle), dan **hambatan didaktis** (didactical obstacle). Untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut, dikembangkan **desain didaktis** dalam empat model menggunakan pendekatan teori APOS. Implementasi desain ini berhasil membantu siswa mengatasi kesulitan belajar yang dihadapi. **Desain didaktis empirik** yang dihasilkan merupakan gabungan dari keempat model desain didaktis yang telah direvisi dan diimplementasikan secara optimal, memberikan kontribusi signifikan terhadap pembelajaran matematika pada materi teorema Pythagoras.

*This study employed the **Didactical Design Research (DDR)** method with a **qualitative approach**, involving 33 students of class VIII A at SMP Negeri III as research subjects. The objectives of this study were to identify students' **learning difficulties and learning trajectories** in mathematics on the topic of the **Pythagorean Theorem**, develop a **didactical design** to overcome these difficulties, analyze students' responses to the implementation of the didactical design, and derive an **empirical didactical design** based on its application to the Pythagorean Theorem. The results of the study revealed that students experienced **learning obstacles** categorized into three main types: **ontogenic obstacles** (ontogenical obstacles), **epistemological obstacles**, and **didactical obstacles**. To address these obstacles, a **didactical design** was developed in four models using the **APOS theory** approach. The implementation of this design effectively helped students overcome their learning difficulties. The resulting **empirical didactical design** was a combination of the four didactical models, which had undergone revisions and were successfully implemented optimally, contributing significantly to the teaching and learning process of the Pythagorean Theorem in mathematics.*

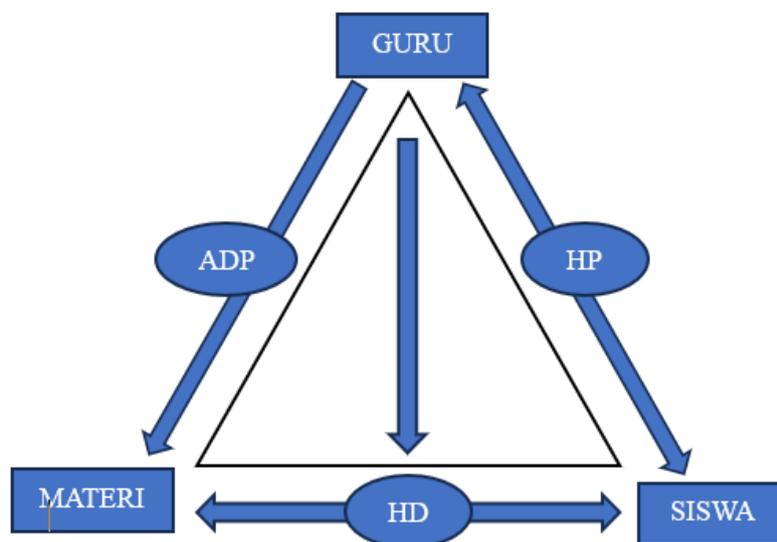
PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan PISA 2022, skor literasi matematika internasional mengalami penurunan rata-rata sebesar 21 poin dibandingkan dengan PISA 2018. Di sisi lain, skor literasi

matematika Indonesia pada PISA 2022 juga mengalami penurunan sebesar 13 poin yaitu menjadi 366 dibandingkan dengan pada PISA 2018 yang mencapai skor 379 (Kemendikbudristek, 2023). Meskipun peringkat Indonesia naik sekitar 3-6 posisi dibandingkan tahun 2018, namun dalam subjek kemampuan matematika persentasenya hanya mencapai 18% menjadi yang terendah di antara ketiga subjek penilaian. Angka ini memiliki selisih 50% lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata OECD yang mencapai 69% (OECD, 2023).

Penurunan skor literasi matematika dalam PISA 2022 mengindikasikan adanya penurunan signifikan pada hasil belajar matematika siswa Indonesia. Kesulitan atau hambatan belajar pada siswa menjadi salah satu faktor yang menyebabkan penurunan tersebut. Kesulitan belajar dapat terjadi pada siswa dengan prestasi rendah maupun siswa dengan tingkat prestasi tinggi. Realitanya kesulitan belajar tidak hanya dipengaruhi oleh kecerdasan yang rendah, namun bisa pula dipengaruhi faktor lain selain kecerdasan (Rahajeng, 2011).

Kesulitan belajar pada siswa timbul sebagai hasil dari suatu aktivitas pembelajaran yang mencakup hubungan antara guru sebagai pengajar, siswa, dan bahan ajar yang kurang tepat (Suryadi, 2010). Dalam tahapan belajar, terdapat keterkaitan guru dan siswa dikenal Hubungan Pedagogis (HP), interaksi diantara guru dan bahan pembelajaran dikenal Antisipasi Didaktis Pedagogis (ADP), serta interaksi diantara siswa dan materi pembelajaran disebut Hubungan Didaktis (HD). Ketiga hubungan ini direpresentasikan dalam bentuk segitiga didaktis, dimana guru dapat melakukan analisis melalui segitiga tersebut untuk merancang desain pembelajaran yang efektif. Seorang guru harus mampu membangun relasi didaktis, atau hubungan didaktis yang terjadi diantara siswa dan bahan ajar untuk menciptakan situasi didaktis ideal untuk belajar (Suryadi, 2013). Agar dapat mengamati lebih rinci keterkaitan segitiga antara guru, siswa, dan bahan ajar, berikut ini disajikan ilustrasi segitiga didaktis:



Sumber: (Suryadi, 2013)

Gambar 1. Segitiga Didaktis

Kesulitan belajar atau hambatan dalam pembelajaran disebut sebagai *learning obstacle*. *Learning obstacle* dapat dipengaruhi tiga faktor yaitu melibatkan hambatan didaktis yang merupakan hambatan dari metode dan strategi mengajar guru, hambatan ontogenik berhubungan dengan kesiapan mental belajar siswa, dan hambatan epistemologis timbul dari keterbatasan pemahaman dan pengetahuan pada konsep materi pembelajaran (Brousseau, 2006).

Didactical obstacle menjadi salah satu faktor penyebab hambatan belajar signifikan, sehingga diperlukan adanya alternatif solusi berupa pembuatan desain didaktis yang disesuaikan berdasarkan kebutuhan siswa. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan telah mengkorelasikan desain didaktis pada konsep materi matematika antara lain materi konsep pecahan (Jerson & Nurlaelah, 2016), materi konsep aljabar (Yuliani, 2017), materi teorema pythagoras (Nurhidayat et al., 2019), dan konsep materi statistika (Lestari, 2021). Peneliti akhirnya tertarik melakukan penelitian, guna mengetahui dan meminimalisasi *learning obstacle* yang dihadapi siswa. Untuk meminimalisasi timbulnya *learning obstacles* maka guru sebagai pengajar harus menyiapkan suatu rancangan desain pembelajaran yang sesuai dan tepat untuk siswa (Haqq & Toheri, 2019). Diskusi antara peneliti dengan guru matematika kelas VIII A, menghasilkan keputusan bahwa materi yang sesuai dengan waktu penelitian adalah materi teorema Pythagoras.

Pengembangan desain didaktis berkontribusi dalam proses pembelajaran matematika, Suryadi mengemukakan bahwa kontribusi ini memiliki dampak yang sangat besar terhadap keberlangsungan proses pembelajaran di kelas (Sulistiawati et al., 2015). Perkembangan teori-teori baru dapat berkontribusi untuk mengatasi hambatan dalam aktivitas pembelajaran dan meningkatkan efektivitas pengajaran. Penerapan teori *Action Process Object and Schema* (APOS) pada penelitian desain didaktis dapat digunakan untuk menganalisis pemahaman siswa dalam menyelesaikan permasalahan matematika. Teori APOS adalah struktur teoritis yang digunakan untuk mempelajari bagaimana konsep matematika berkembang secara kognitif (Ubah & Bansilal, 2018).

Penelitian desain didaktis umumnya terbagi ke dalam 3 tahapan diantaranya: 1) analisis prospektif, terdiri dari desain didaktik hipotetik dan Antisipasi Desain Pedagogis (ADP); 2) analisis metapedadidaktik; dan 3) analisis retrospektif, merupakan analisis yang mengkorelasikan hasil analisis prospektif dengan hasil analisis metapedadidaktik (Suryadi, 2013). Dari 3 tahap ini, menghasilkan desain didaktis empirik (*empirical didactic design*) yang mungkin akan terus ditingkatkan melalui proses yang melibatkan ketiga tahapan DDR tersebut (Herman et al., 2022). Desain didaktis dikembangkan atas dasar analisis pendahuluan, yang kemudian disesuaikan dengan *learning trajectory* untuk meminimalisasi *learning obstacle* pada siswa (Desmayanasari & Hardianti, 2021).

METODE

Penelitian ini merupakan *Didactical Design Research* (DDR), dengan menggunakan pendekatan kualitatif. DDR bertujuan mengidentifikasi *learning obstacle* yang siswa hadapi dalam aktivitas belajar, mengantisipasi serta mengatasi hambatan tersebut (Fauzi & Suryadi, 2020) dengan mempertimbangkan relevansi teori-teori baru yang berkembang. Konsep penelitian kualitatif mencakup pemilihan partisipan dan lokasi penelitian secara sadar dan terencana (*purposefully select*) baik dalam bentuk dokumentasi ataupun visualisasi materi yang digunakan peneliti untuk memahami konteks yang sedang diteliti (Creswell, 2019). Adapun subjek pada penelitian ini adalah sejumlah 33 (tiga puluh tiga) orang siswa kelas VIII A SMP Negeri III Kuningan yang berlokasi di Jalan Pramuka Nomor 104, Purwawinangun, Kecamatan Kuningan, Kabupaten Kuningan tahun ajaran 2023/2024. Metode pengumpulan data dilakukan melalui metode wawancara tidak terstruktur dan tes tertulis. Wawancara tidak terstruktur merupakan teknik wawancara tanpa mengandalkan instrumen pertanyaan, atau bahkan mungkin hanya

mengandalkan inti dari topik pembahasan sebagai dasar pertanyaan tanpa menggunakan instrumen pertanyaan secara khusus (Kaharuddin, 2021). Sedangkan tes merupakan suatu alat atau instrument untuk mengukur kemampuan siswa dalam memahami apa yang diajarkan guru (Yuniar et al., 2015). Penggunaan metode tes dilakukan untuk mengeksplorasi pengetahuan awal siswa ketika memecahkan permasalahan matematika terkait konsep Pythagoras.

Pada penelitian kualitatif menempatkan peneliti sebagai instrument utama, dan instrument lainnya sebagai instrument pendukung. Peneliti memiliki peran yang sangat signifikan dalam menentukan fokus penelitian, pemilihan partisipan, pengumpulan dan analisis data, serta membuat kesimpulan dari hasil penelitian. Jenis instrument yang digunakan yaitu: instrument tes berbentuk tes identifikasi *learning obstacle* dan non-tes melalui wawancara dan dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *Prospective Analysis*

Analisis prospektif mencakup tiga jenis analisis situasi didaktis, yaitu analisis *learning obstacle*, repersonalisasi bahan ajar dan rekontekstualisasi bahan ajar, serta *didactical design*. Analisis *Learning Obstacle* dilakukan melalui Tes Identifikasi *Learning Obstacle*, siswa diberikan tes pengetahuan awal untuk mengidentifikasi hambatan belajar pada konsep teorema Pythagoras. Tes ini memuat soal sebanyak tujuh butir, yang tentunya disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan KI (Kompetensi Inti) dan KD (Kompetensi Dasar) sesuai aturan K-13 (Kurikulum 2013). Peneliti mengklasifikasikan hambatan-hambatan belajar tersebut ke dalam tiga kategori, hasil dari analisis hambatan belajar akan dipaparkan pada tabel 1,2, dan 3:

Tabel 1. Ringkasan Hambatan Epistemologi *Epistemological Obstacle*

<i>Epistemological Obstacle</i>	Karakteristik	Siswa yang Mengalami Hambatan
<i>Error of description</i>	Tidak memahami konsep segitiga seperti pengertian segitiga, unsur-unsur segitiga, dan jenis-jenis segitiga	Siswa A, B, C, dan E
	Siswa tidak mengetahui konsep teorema Pythagoras	Semua siswa
<i>Error of ways of thinking</i>	Siswa tidak dapat merepresentasikan informasi pada soal untuk membuat sebuah bangun segitiga	Semua siswa
	Siswa fokus pada representasi bangun trapesium tanpa melakukan proses perhitungan yang tepat Siswa tidak memvisualisasikan rute perjalanan untuk mencari jalan tercepat	Siswa A dan B
<i>Error ways of understanding</i>	Siswa berasumsi bahwa untuk mencari jalan tercepat adalah dengan cara menjumlahkan atau mengurangi jarak yang diketahui	Siswa B, C, dan D
	Siswa berasumsi bahwa jalan tercepat adalah panjang jarak terpendek yang sudah diketahui	Siswa E
	Siswa tidak memahami tahapan pengerjaan soal yang tepat	Semua Siswa
<i>Error of calculation process</i>	Siswa benar dalam merepresentasikan informasi pada soal, namun keliru dalam proses perhitungan	Siswa C dan Siswa D

Tabel 2. Ringkasan Hambatan Ontogenik (*Ontogenical Obstacle*)

<i>Ontogenical Obstacle</i>	Karakteristik	Siswa yang Mengalami Hambatan
<i>Psychological ontogenic obstacle</i>	Siswa tidak cukup siap untuk belajar, hal ini disebabkan karena rendahnya motivasi yang timbul dari internal siswa maupun eksternal seperti orangtua maupun guru.	Siswa A, B, dan E
<i>Instrumental ontogenic obstacle</i>	Siswa tidak memahami formula penyelesaian soal Siswa tidak memahami langkah penyelesaian Representasi soal yang keliru menyebabkan proses operasi hitung yang tidak tepat	Semua siswa
<i>Conceptual ontogenic obstacle</i>	Siswa tidak memahami konsep soal	Semua siswa

Tabel 3. Ringkasan Hambatan Didaktik (*Didactical Obstacle*)

<i>Didactical Obstacle</i>	Karakteristik	Siswa yang Mengalami Hambatan
Representasi dan pendekatan yang diberikan guru kurang beragam	Wawancara tidak terstruktur dengan guru pelajaran, menyatakan bahwa pembelajaran dengan siswa dilakukan metode yang bervariasi seperti ceramah, diskusi, dan tanya jawab. Kendalanya: Siswa cenderung tidak mau terbuka untuk mengemukakan hambatan belajar yang dihadapi Guru terkadang terlalu fokus menyampaikan materi untuk memenuhi target capaian kurikulum tanpa memperhatikan tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang disampaikan	Semua siswa
Alur penyampaian materi yang kurang sistematis	Sistem pembelajaran K-13: mengharuskan siswa berperan aktif mendalami materi karena bahan ajar disusun tidak menyesuaikan kemampuan awal siswa (misal: bentuk akar dipertengahan materi). Kendala: siswa tidak aktif mencari informasi terkait materi yang akan disampaikan.	

Hasil dari analisis jawaban tes identifikasi *learning obstacle* memberikan kesimpulan bahwa hambatan yang dialami siswa berupa: hambatan ketika menentukan jenis-jenis segitiga, siswa keliru memahami konsep segitiga siku-siku, kesulitan memahami teorema Pythagoras, kesulitan memahami triple Pythagoras, dan kesulitan dalam mengaplikasikan teorema Pythagoras terkait masalah kontekstual. Hal ini memiliki relevansi dengan hasil wawancara tidak terstruktur antara peneliti dengan guru pelajaran, yang menyatakan dalam mempelajari teorema Pythagoras siswa cenderung kesulitan mengingat materi prasyarat dan kesulitan dalam memahami konsep materi Pythagoras itu sendiri.

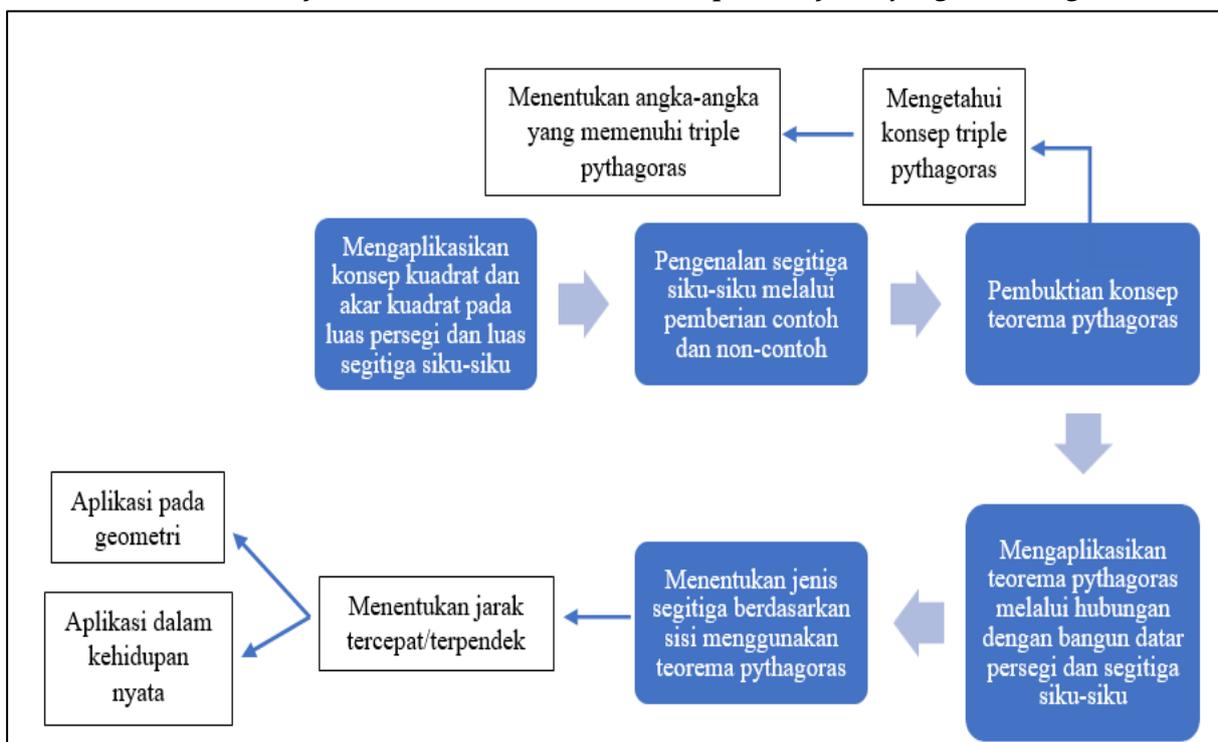
Peneliti kemudian melakukan repersonalisasi terhadap buku pelajaran matematika yang digunakan siswa serta meninjau konteks yang relevan dalam penelitian untuk mengaitkan konsep-konsep matematika yang diajarkan. Berikut ini merupakan identitas dari buku paket yang peneliti analisis:

Tabel 1. Identitas Buku Ajar

Sampul	Deskripsi
	Judul : Matematika SMP/MTs Kelas VIII Semester 2 Edisi Revisi 2017
	Penyusun : Abdur Rahman As'ari, Mohammad Tohir, Erik Valentino, Zainul Imron, Ibnu Taufiq
	Penerbit : Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemendikbud

Berdasarkan hasil eksplorasi pada peta konsep, kekurangan dari buku paket yang digunakan siswa kelas VIII SMPN 3 Kuningan tidak menyajikan kemampuan awal matematika untuk teorema Pythagoras, salah satunya konsep kuadrat dan akar kuadrat dari luas persegi dan luas segitiga siku-siku. Adapun kelebihan dari buku ini telah mencakup konsep *critical thinking* dalam pemahaman materi, contoh, maupun latihan soal yang menggunakan pendekatan pembelajaran kontekstual. Buku ini sesuai dengan kurikulum 2013 dimana sebagian besar isi terdiri dari contoh dan latihan soal dengan tipe soal terbuka.

Selanjutnya rekontekstualisasi, yaitu merancang sebuah alur pembelajaran alternatif yang didasarkan pada analisis mendalam terhadap sumber bahan ajar dan hasil tes identifikasi learning obstacle, berikut ini disajikan ilustrasi dari alternatif alur pembelajaran yang dirancang:



Gambar 2. Alternatif Alur Pembelajaran Teorema Pythagoras

Berdasarkan urutan pembelajaran teorema Pythagoras yang telah disusun, konsep pertama yang dipelajari adalah konsep kuadrat dan akar kuadrat dari luas persegi dan luas segitiga siku-siku. Lalu siswa diminta untuk menjelaskan hubungan antara luas persegi dan luas segitiga siku-siku terhadap konsep Pythagoras. Setelah memahami konsep dasar Pythagoras, siswa akan diarahkan untuk mempelajari konsep triple Pythagoras. Selanjutnya siswa diarahkan untuk menentukan jenis sebuah segitiga berdasarkan perbandingan sisi-sisi pada segitiga siku-siku. Pada akhir pembelajaran, siswa diarahkan mengaplikasikan teorema Pythagoras pada konsep geometri dan pada persoalan kontekstual.

Analisis Learning Trajectories

Dalam membuat keputusan terkait hasil learning trajectories siswa, peneliti terlebih dahulu menentukan *Significant Didactic Facts* (SDF). Peneliti menyimpulkan bahwa dalam pengajaran matematika khususnya topik Pythagoras, penting untuk memusatkan perhatian pada penerapan masalah-masalah kontekstual, seperti proyek analisis dan studi kasus. Pendekatan ini digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai teori dan teknik yang diajarkan, serta untuk memfasilitasi kesempatan bagi siswa dalam mengeksplorasi aktivitas matematis secara lebih mendalam.

Terdapat 3 aspek utama yang perlu diperhatikan dalam mencapai suatu *Hypothetical Learning Trajectories* (HLT) yakni mencakup: 1) *the learning goals* (tujuan suatu pembelajaran); 2) *developmental progression of thinking and learning* (perkembangan pola berpikir dan belajar siswa); dan *sequence of instructional tasks* (perangkat yang digunakan dalam proses pembelajaran). Berikut ini deskripsi dari ketiga aspek tersebut:

Tabel 2. Analisis *Hypothetical Learning Trajectories*

Aspek LT	Deskripsi
Tujuan: Ide besar matematika	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siswa memiliki pemahaman yang komprehensif dan terfokus. 2. Menerapkan pembelajaran yang adaptif. 3. Pemahaman konsep Pythagoras dan aplikasi Pythagoras melalui representasi dalam bentuk gambar maupun non-representatif. 4. Siswa mampu mendeskripsikan, menganalisis, mentransformasikan dan menyusun informasi atas suatu situasi tertentu.
Peningkatan pemahaman: Alur pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemahaman siswa mengalami peningkatan yang terjadi ketika implementasi pembelajaran dilakukan sesuai desain didaktis hipotetik yang telah dirancang. 2. Siswa berhasil menyelesaikan persoalan pada desain, sehingga dapat menyakinkan peneliti bahwa pemahaman siswa telah meningkat. 3. Siswa diberikan kebebasan dalam menyelesaikan dan menarik kesimpulan dari jawaban yang diberikan.
Perangkat pembelajaran: Cara mengajar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peneliti merancang Rencana Pelaksanaan Pembelajaran dan desain didaktis hipotetik pada tiap pertemuan ketika kegiatan penelitian dilaksanakan. 2. Model pembelajaran yang diterapkan adalah <i>Contextual Teaching Learning</i> (CTL) menggunakan pendekatan <i>cooperative learning</i> yang berfokus pada upaya meminimalisasi <i>learning obstacle</i> siswa.

Pengembangan Desain Didaktis Hipotetik

Hypothetical didactical design atau desain didaktis hipotetik adalah rancangan bahan ajar yang diterapkan dalam proses pembelajaran. Jika dalam pelaksanaannya tidak terjadi peningkatan pemahaman siswa atau ditemukan *learning obstacle* signifikan, maka diperlukan analisis

retrospektif. Pada peneliti ini, peneliti menyusun empat desain didaktis hipotetik yang telah disesuaikan dengan sub-materi yang akan dipelajari selama empat kali pertemuan. Peneliti menerapkan pendekatan teori APOS untuk membantu memahami proses kognitif siswa saat mempelajari matematika, sehingga memungkinkan desain pembelajaran yang lebih efektif. Rincian keempat desain didaktis yang disusun telah dituangkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Desain Didaktis Hipotetik

Desain Didaktis	Situasi	Teori APOS
Desain Didaktis Hipotetik 1	1. Pengenalan konsep pangkat kuadrat	Hubungan antar bangun datar persegi dan segitiga digunakan untuk memfasilitasi siswa dalam mengubah pemahaman mereka dari tindakan konkret (<i>Action</i>) menjadi proses berpikir yang lebih abstrak (<i>Process</i>), hingga mereka mampu melihat konsep tersebut sebagai objek matematika yang utuh (<i>Object</i>) dalam bentuk bangun persegi dan akhirnya mengintegrasikannya dalam skema pengetahuan berupa teorema Pythagoras (<i>Schema</i>).
	2. Menentukan akar kuadrat dari luas persegi	
	3. Menentukan luas segitiga siku-siku	
	4. Menentukan hubungan antara luas persegi dan luas segitiga siku-siku dengan teorema Pythagoras	
Desain Didaktis Hipotetik 2	1. Membuktikan kebenaran triple Pythagoras	Siswa menggunakan pemahaman tentang teorema Pythagoras untuk memeriksa kebenaran kelompok tiga bilangan Pythagoras (<i>Action</i>), siswa tidak hanya mengisi angka secara random, tetapi memahami proses pembentukan kelompok tiga bilangan tersebut (<i>Process</i>), kemudian siswa memahami bahwa konsep ini bukan hanya serangkaian tindakan terpisah melainkan sebagai entitas yang bisa dianalisis dan dimanipulasi (<i>Object</i>), hingga pada akhirnya siswa dapat mengintegrasikan pemahaman mengenai teorema Pythagoras dan triple Pythagoras ke dalam berbagai konteks (<i>Schema</i>).
	2. Menemukan bilangan triple Pythagoras	
	3. Mengaplikasikan triple Pythagoras	
Desain Didaktis Hipotetik 3	1. Menentukan jenis-jenis segitiga berdasarkan panjang yang telah diketahui	Siswa merepresentasikan informasi pada soal (<i>Action</i>), kemudian menentukan perbandingan yang sesuai dengan representasi visual tersebut menggunakan aturan perbandingan sisi segitiga siku-siku dengan sudut istimewa (<i>Process</i>), hingga terbentuk sebuah segitiga siku-siku dengan panjang sisi yang lengkap (<i>Object</i>). <i>Schema</i> siswa berkembang saat siswa mencoba menginternalisasi konsep perbandingan sisi segitiga siku-siku dengan sudut Istimewa. Dengan demikian, siswa tidak hanya mengerti konsep secara teoritis, tetapi dapat menerapkannya dalam masalah geometri.
	2. Menentukan panjang sisi segitiga melalui perbandingan sisi segitiga siku-siku	
	3. Menentukan panjang sisi segitiga melalui perbandingan sisi segitiga siku-siku	
Desain Didaktis Hipotetik 4	1. Aplikasi teorema Pythagoras pada konsep geometri	Siswa merepresentasikan informasi pada soal yang diberikan (<i>Action</i>), lalu siswa menyelesaikan permasalahan tersebut dengan mengaplikasikan teorema Pythagoras (<i>Process</i>), melalui proses penyelesaian yang tepat siswa dapat memberikan jawaban yang benar (<i>Object</i>). Pemahaman yang komprehensif mengenai konsep teorema Pythagoras membantu siswa menerapkan pengetahuannya untuk menyelesaikan
	2. Aplikasi teorema Pythagoras pada masalah kontekstual	
	3. Aplikasi teorema Pythagoras untuk menentukan jarak terpendek	

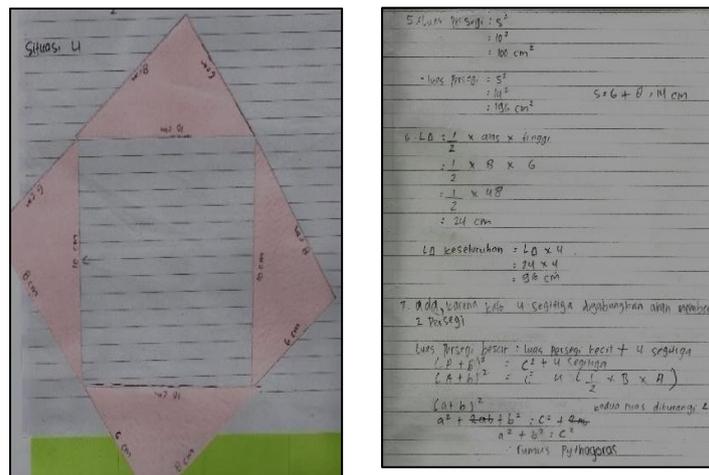
Desain Didaktis	Situasi	Teori APOS
		permasalahan geometri maupun masalah kontekstual (<i>Schema</i>).

Tahap Analisis Metapedadidaktik

Analisis metapedadidaktik yaitu hasil analisis pengamatan yang dilakukan selama desain didaktis diimplementasikan dalam proses pembelajaran. Sebelum desain diterapkan, prediksi-prediksi dan antisipasi didaktis untuk berbagai respon disusun terlebih dahulu. Analisis metapedadidaktik selama implementasi desain didaktis hipotetik dideskripsikan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. Ringkasan Analisis Metapedadidaktik

Desain	Analisis	Kesimpulan
Desain Didaktis Hipotetik 1	<ol style="list-style-type: none"> Untuk mengatasi <i>ontogenical obstacle</i> siswa, dilakukan refleksi diawal pembelajaran dengan memberikan motivasi kepada siswa agar mereka terdorong untuk mengikuti aktivitas pembelajaran dengan lebih bersemangat. Sebelum membahas konsep teorema Pythagoras, siswa terlebih dahulu diberikan stimulus berupa pertanyaan-pertanyaan terkait konsep kuadrat dan akar kuadrat. Setelah itu peneliti menyampaikan informasi terkait rincian materi yang akan dipelajari pada materi Pythagoras, kompetensi yang harus dicapai, metode pembelajaran yang diterapkan, dan tujuan serta manfaat mempelajari materi Pythagoras. Selanjutnya, siswa dikelompokkan ke dalam enam kelompok secara random dan diberikan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang terdiri dari empat situasi didaktis. Pada saat proses diskusi berlangsung, siswa cenderung aktif bekerja sama untuk menyelesaikan persoalan yang diberikan. Dibawah ini merupakan contoh hasil penyelesaian yang diberikan siswa untuk desain didaktis 1 situasi 4: 	Terimplementasi optimal; tidak ada revisi; terjadi peningkatan pemahaman pada siswa



Gambar 3. Jawaban Situasi 4 Desain Didaktis Hipotetik 1 yang Sesuai

Sebanyak empat kelompok memberikan jawaban yang serupa dan memberikan respon sesuai prediksi. Sebanyak dua kelompok tidak melengkapi jawaban untuk pertanyaan nomor 7. Peneliti melakukan antisipasi dengan mengarahkan siswa untuk menarik kesimpulan sesuai instruksi soal, sehingga dua kelompok tersebut dapat memberikan penyelesaian yang sesuai. Pada desain

Desain	Analisis	Kesimpulan
	didaktis hipotetik 1, beberapa kesulitan muncul sesuai prediksi. Untuk mengurangi beberapa kesulitan tersebut, peneliti melakukan antisipasi sesuai prediksi yang telah disusun sebelumnya.	
Desain Didaktis Hipotetik 2	<ol style="list-style-type: none"> Sebelum memulai proses pembelajaran, peneliti meminimalisasi hambatan ontogeni siswa dengan melaksanakan refleksi awal. Setelah siswa dirasa cukup siap untuk mengikuti pembelajaran, peneliti memberikan penjelasan singkat mengenai konsep triple Pythagoras. Kemudian, siswa diberikan LKPD untuk diselesaikan secara berkelompok. LKPD yang diberikan pada pertemuan ini terdiri dari tiga situasi didaktis. Berikut ini contoh jawaban siswa untuk desain didaktis 2 situasi 1: 	Terimplementasi optimal; revisi perluasan prediksi dan antisipasi situasi 2; terjadi peningkatan pemahaman siswa

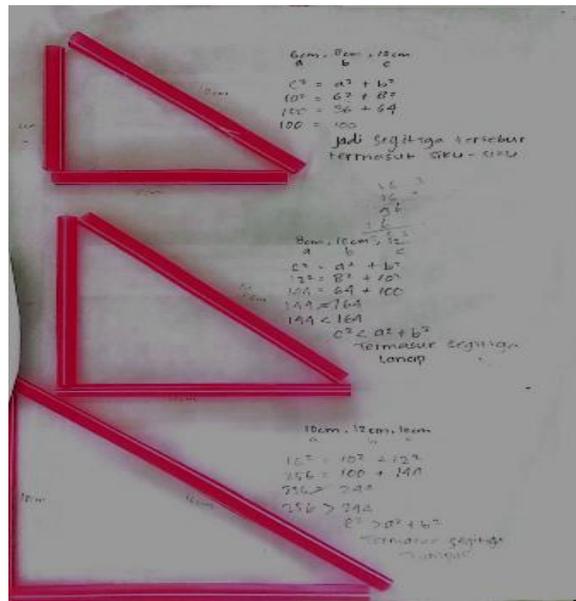
a	b	$a^2 + b^2$	$a^2 - b^2$	$2ab$	Hubungan	Triple Pythagoras
2	1	$2^2 + 1^2 = 5$	$2^2 - 1^2 = 3$	$2 \times 2 \times 1 = 4$	$5^2 = 3^2 + 4^2$	3,4,5
3	1	$3^2 + 1^2 = 10$	$3^2 - 1^2 = 8$	$3 \times 3 \times 1 = 9$	$10^2 = 8^2 + 9^2$	8,9,10
3	2	$3^2 + 2^2 = 13$	$3^2 - 2^2 = 5$	$3 \times 3 \times 2 = 18$	$13^2 = 5^2 + 18^2$	5,18,13
4	1	$4^2 + 1^2 = 17$	$4^2 - 1^2 = 15$	$4 \times 4 \times 1 = 16$	$17^2 = 15^2 + 16^2$	15,16,17
4	2	$4^2 + 2^2 = 20$	$4^2 - 2^2 = 12$	$4 \times 4 \times 2 = 32$	$20^2 = 12^2 + 32^2$	12,32,20
5	1	$5^2 + 1^2 = 26$	$5^2 - 1^2 = 24$	$5 \times 5 \times 1 = 25$	$26^2 = 24^2 + 25^2$	24,25,26

Gambar 4. Jawaban Situasi 2 Desain Didaktis Hipotetik 2 yang Tidak Sesuai

Pada situasi 1 dan 3, tidak ada kelompok yang mengalami kesulitan sehingga semua kelompok mampu memberikan respon sesuai prediksi yang diharapkan. Akan tetapi, pada situasi 2 muncul kesulitan baru yang tidak diprediksi sebelumnya, dimana terdapat tiga kelompok yang keliru menuliskan hasil perhitungan pada kolom $2ab$ pada tabel triple Pythagoras. Sehingga peneliti melakukan antisipasi dengan memberikan contoh penyelesaian yang tepat untuk mengisi kolom $2ab$. Kesulitan yang muncul pada situasi 2 desain didaktis hipotetik 2 dapat diatasi dengan baik, sehingga semua kelompok dapat memberikan respon sesuai prediksi. Peneliti menyimpulkan bahwa siswa mampu memahami konsep triple Pythagoras.

Desain Didaktis Hipotetik 3	<ol style="list-style-type: none"> Sebelum memulai proses pembelajaran, peneliti memberikan refleksi awal guna meminimalisasi hambatan ontogeni siswa. Untuk membantu siswa memahami materi, peneliti merancang tiga situasi didaktis. Peneliti menyampaikan informasi mengenai konsep yang akan dipelajari, kemudian mengarahkan siswa untuk menyelesaikan persoalan yang terdapat pada LKPD secara berkelompok. Berikut ini contoh jawaban untuk situasi 1 desain didaktis hipotetik 3: 	Terimplementasi optimal; revisi situasi 1; terjadi peningkatan pemahaman siswa
-----------------------------	---	--

Desain	Analisis	Kesimpulan
--------	----------	------------

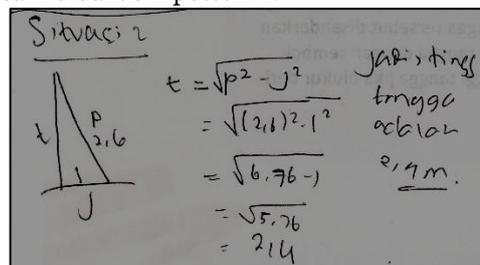


Gambar 5. Jawaban Situasi 1 Desain Didaktis Hipotetik 3 yang Tidak Sesuai

Sebanyak tiga kelompok memberikan respon tepat sesuai prediksi yang diharapkan, tiga kelompok lainnya keliru dalam menentukan bentuk segitiga yang sesuai dengan jenisnya. Peneliti mengantisipasi kesulitan ini dengan melakukan revisi pada urutan tahap pengerjaan dan penambahan kosa kata yang relevan, sehingga kesulitan dapat diatasi.

Pada implementasi desain didaktis hipotetik 3, beberapa kesulitan yang muncul diantaranya kekeliruan dalam menentukan bentuk segitiga, tidak memberikan jawaban yang lengkap dan kesulitan dalam menyelesaikan operasi hitung pada bilangan akar. Sesuai antisipasi yang disusun sebelumnya, peneliti mengarahkan siswa untuk melengkapi jawaban dan memberikan *scaffolding* dengan mengingatkan siswa pada operasi hitung bilangan akar.

Desain Didaktis Hipotetik 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sebelum memulai proses pembelajaran, peneliti melakukan refleksi awal untuk mengatasi potensi hambatan ontogeni yang mungkin dialami siswa. 2. Untuk membantu siswa memperdalam pemahaman terkait aplikasi teorema Pythagoras, peneliti merancang tiga situasi didaktis, berikut ini contoh jawaban yang diberikan siswa pada situasi 2 desain didaktis hipotetik 4: 	Terimplementasi optimal; tidak ada revisi; terjadi peningkatan pemahaman siswa
-----------------------------	--	--



Gambar 6. Jawaban Situasi 2 Desain Didaktis Hipotetik 4 yang Sesuai

Desain	Analisis	Kesimpulan
<p>Pada situasi 2 semua kelompok memberikan jawaban yang benar sesuai prediksi yang diharapkan. Beberapa kesulitan yang muncul pada desain didaktis 4 dapat diantisipasi sesuai prediksi yang telah dirancang, sehingga tidak ada kesulitan signifikan yang dihadapi. Oleh karena itu, tidak diperlukan revisi untuk desain didaktis hipotetik 4. Peneliti menyimpulkan bahwa siswa dapat mengaplikasikan teorema Pythagoras baik pada persoalan geometri maupun persoalan kontekstual.</p>		

Analisis Retrospektif

Analisis retrospektif adalah tindakan yang diambil oleh peneliti untuk mengevaluasi empat desain didaktis hipotetik yang diimplementasikan. Pada tahapan retrospektif, peneliti menghubungkan hasil analisis situasi didaktis hipotesis dan metapedadidaktis, hingga menghasilkan desain didaktis empirik, sebagai versi perbaikan dari desain awal.

Berdasarkan analisis metapedadidaktik terhadap desain didaktis hipotetik 1 yang berfokus pada kuadrat dan akar kuadrat dari luas persegi dan luas segitiga siku-siku, proses implementasi berlangsung sesuai dengan prediksi. Hampir semua kesulitan berhasil diantisipasi seperti yang telah diperkirakan sebelumnya, sehingga tidak diperlukan perbaikan untuk desain didaktis hipotetik 1. Pada analisis metapedadidaktik untuk desain didaktis hipotetik 2 mengenai konsep triple Pythagoras, sebagian besar berjalan sesuai prediksi, namun ada respon tak terduga yang muncul selama pembelajaran dimana siswa keliru menentukan hasil pada kolom *2ab*. Hampir semua kesulitan dapat diantisipasi sesuai prediksi awal, tetapi terdapat kesulitan dalam desain didaktis hipotetik 2 yang belum memiliki solusi. Oleh karena itu, dalam revisi desain pembelajaran, peneliti menambahkan solusi untuk mengatasi kesulitan siswa dengan memperluas prediksi dan respons siswa untuk memastikan tidak muncul hambatan baru yang tidak diprediksi, dan semua hambatan mampu diatasi secara efektif.

Sementara itu, hasil analisis metapedadidaktik untuk desain didaktis hipotetik 3 terkait menentukan jenis segitiga berdasarkan panjang sisi dan menemukan perbandingan sisi segitiga siku-siku dengan sudut khusus menyimpulkan hampir semua kesulitan sesuai prediksi, akan tetapi ada kesulitan dimana siswa keliru dalam menentukan bentuk segitiga yang tidak sesuai dengan jenisnya. Kekeliruan ini terjadi karena siswa kesulitan dalam memahami langkah-langkah pengerjaan yang tertera pada LKPD. Berdasarkan kesulitan tersebut, desain didaktis hipotetik 3 dimodifikasi dengan pertimbangan munculnya kesulitan baru dimana siswa keliru dalam mengerjakan langkah-langkah yang diberikan. Pada desain awal siswa diminta untuk terlebih dahulu membentuk segitiga sebelum menentukan jenis segitiga. Kemudian langkah ini dimodifikasi dengan mengubah urutan dan penambahan redaksi langkah pengerjaan pada LKPD yakni siswa diminta menentukan jenis segitiga terlebih dahulu, kemudian menyusun bentuk segitiga yang sesuai dengan jenisnya supaya siswa memahami urutan pengerjaannya.

Situasi 1 Desain Hipotetik 3 sebelum revisi

SITUASI 1

Q X

- 1) Sediakan sedotan plastik secukupnya.
- 2) Potong sedotan tersebut dalam beberapa ukuran yaitu: 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, dan 16 cm.
- 3) Pilih tiga sedotan dengan ukuran 6 cm, 8 cm, dan 10 cm.
- 4) Bentuklah segitiga dari ketiga sedotan tersebut lalu tempelkan pada kertas yang disediakan.
- 5) Ulangi langkah 3, 4, dan 5 dengan sedotan berukuran 8 cm, 10 cm, dan 12 cm.
- 6) Ulangi langkah 3, 4, dan 5 dengan sedotan berukuran 10 cm, 12 cm, dan 16 cm.
- 7) Amati ketiga ukuran segitiga yang telah dirangkai. Apakah jumlah kuadrat sisi terpanjang pada masing-masing segitiga sama dengan jumlah kuadrat kedua sisi lainnya?
- 8) Termasuk ke dalam jenis segitiga apakah masing-masing segitiga tersebut?

Situasi 1 Desain Hipotetik 3 revisi

SITUASI 1

Q X

- 1) Sediakan sedotan plastik secukupnya.
- 2) Potong sedotan tersebut dalam beberapa ukuran yaitu:
 - a. 6 cm, 8 cm, 10 cm
 - b. 8 cm, 10 cm, 12 cm
 - c. 10 cm, 12 cm, 16 cm
- 3) Amati masing-masing ketiga ukuran sedotan yang telah dirangkai, jika sedotan tersebut dibentuk menjadi sebuah segitiga, apakah jumlah kuadrat sisi terpanjang pada masing-masing segitiga sama dengan jumlah kuadrat kedua sisi lainnya?
- 4) Termasuk ke dalam jenis segitiga apakah masing-masing segitiga tersebut?
- 5) Bentuklah segitiga dari ketiga sedotan tersebut sesuai dengan jenis segitiga yang telah ditentukan, lalu tempelkan pada kertas yang disediakan.

Gambar 7. Perbandingan Situasi 1 Desain Didaktis Hipotetik 3 Sebelum dan Sesudah Revisi

Berdasarkan analisis metapedadidaktik, desain didaktis hipotetik 4 mengenai aplikasi teorema Pythagoras pada konsep geometri dan menyelesaikan persoalan kontekstual berjalan dengan baik. Hampir semua kesulitan berhasil diantisipasi sesuai dengan perkiraan sebelumnya, sehingga revisi untuk desain didaktis hipotetik 1 tidak diperlukan.

Kerangka desain didaktis awal secara umum hanya mengalami sedikit modifikasi. Untuk memastikan bahwa kesulitan baru tidak muncul dan semua kesulitan mampu diantisipasi dengan baik, modifikasi ini mencakup urutan langkah pengerjaan yang lebih tepat, penambahan redaksi kata pada penugasan, manajemen waktu pembelajaran yang lebih efisien, dan peningkatan prediksi dan antisipasi terhadap respons siswa. Penelitian ini juga menemukan bahwa desain didaktis awal harus diperbaiki, sehingga siswa dapat lebih mudah memahami teorema Pythagoras.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis data dan pembahasan yang telah dipaparkan memberikan hasil akhir yaitu implementasi desain didaktis terbukti mengatasi dan meminimalisasi *learning obstacle* dalam mempelajari teorema Pythagoras dengan efektif. Secara keseluruhan, respon siswa selama desain diterapkan sudah sesuai dengan prediksi. Akan tetapi, terdapat situasi dimana siswa mengalami kesulitan saat menentukan bentuk segitiga yang sesuai dengan jenisnya, lalu tindakan antisipasi diterapkan berdasarkan respon yang muncul. Kombinasi dari keempat desain didaktis hipotetik yang telah melalui tahapan revisi dan berhasil diimplementasikan secara optimal disebut *empirical didactical design*. Dengan mengetahui *learning obstacle* dan *learning trajectories* siswa pada konsep materi teorema Pythagoras, diharapkan guru dapat mempertimbangkan bahan ajar atau materi yang digunakan untuk meminimalisasi munculnya *learning obstacles* siswa saat proses pembelajaran berlangsung. Untuk mencapai hasil penelitian dan desain pembelajaran yang lebih optimal guna

peningkatan kualitas pendidikan, diharapkan adanya penelitian berkelanjutan dengan menjadikan penelitian ini sebagai alternatif desain pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Brousseau, G. (2006). *Theory of Didactical Situations in Mathematics: Didactique des Mathématiques, 1970–1990* (N. Balacheff, Ed.). Kluwer Academic Publisher.
- Creswell, J. W. (2019). *Research Design Pendekatan Metode Kuantitatif, Kualitatif, dan Campuran* (4th ed.). Pustaka Pelajar.
- Desmayanasari, D., & Hardianti, D. (2021). Desain Didaktis Sifat-Sifat Bangun Datar Segiempat. *Gammath: Jurnal Ilmiah Program Studi Pendidikan Matematika*, 6(1), 18–31.
- Fauzi, I., & Suryadi, D. (2020). Didactical Design Research Untuk Mengembangkan Kompetensi Pedagogik Guru Di Sekolah Dasar. *INVENTA: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 4(1), 58–68.
- Haqq, A. A., & Toheri, T. (2019). Reduksi Hambatan Belajar Melalui Desain Didaktis Konsep Transformasi Geometri. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 3(2), 117–127.
- Herman, T., Prabawanto, S., & Suryadi, D. (2022). Implementasi Proleco-DDR untuk Mengembangkan Kemampuan Profesional Guru SD dalam Pembelajaran Matematika di Kabupaten Ciamis. *Prisma*, 11(2), 576–584. <https://doi.org/10.35194/jp.v11i2.2585>
- Jerson, J., & Nurlaelah, E. (2016). Pengembangan Desain Didaktis Materi Pecahan pada Sekolah Menengah Pertama (SMP). *11(2)*, 127–136.
- Kaharuddin, K. (2021). Kualitatif: Ciri dan Karakter Sebagai Metodologi. *Equilibrium: Jurnal Pendidikan*, 9(1), 1–8.
- Kemendikbudristek. (2023). *PISA 2022 Dan Pemulihan Pembelajaran Di Indonesia*.
- Lestari, L. A. (2021). *Bahan Ajar Didaktis Pada Pokok Bahasan Statistika Untuk Siswa Kelas VIII SMP/MTs-Sederajat*. STKIP Muhammadiyah Kuningan.
- Nurhidayat, Rosita, C. D., & Maharani, A. (2019). Desain Bahan Ajar Teorema Pythagoras Berbasis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa. *Prosiding Seminar Matematika Dan Sains*, 21–27.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Result: Factsheets Indonesia*.
- Rahajeng, R. (2011). Kesulitan Belajar Matematika. *Krida Rakyat*, 2(2).
- Sulistiawati, Suryadi, D., & Fatimah, S. (2015). Desain Didaktis Penalaran Matematis untuk Mengatasi Kesulitan Belajar Siswa SMP pada Luas dan Volume Limas. *Kreano : Jurnal Matematika Kreatif - Inovatif*, 6(2), 135–146. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15294/kreano.v6i2.4833>
- Suryadi, D. (2010). Menciptakan Proses Belajar Aktif: Kajian dari Sudut Pandang Teori Belajar dan Teori Didaktik. *Bandung: Tidak Diterbitkan*.
- Suryadi, D. (2013). Didactical Design research (DDR) Dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 1(1), 3–12.
- Ubah, I. J. A., & Bansilal, S. (2018). Pre-service Primary Mathematics Teachers ' Understanding of Fractions : An Action – Process – Object – Schema Perspective. *South African Journal of Childhood Education*, 8(2), a539. <https://doi.org/https://doi.org/10.4102/ sajce.v8i2.539>

- Yuliani, R. E. (2017). Desain Situasi Didaktis Untuk Mengantisipasi Kecemasan Matematika Siswa Pada Pembelajaran Konsep Aljabar di Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika*, 1(2), 105–120.
- Yuniar, M., Rakhmat, C. R., & Saepulrohman, A. (2015). Analisis HOTS (High Order Thinking Skills) Pada Soal Objektif Tes Dalam Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) Kelas V SD Negeri 7 Ciamis. *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 2(2), 187–195.