

DESAIN DIDAKTIS MATERI PERSAMAAN KUADRAT PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

Rizal Saefullah¹, Tio Heriyana²

¹ Universitas Muhammadiyah Kuningan, Indonesia

² Universitas Muhammadiyah Kuningan, Indonesia

Email: ✉ rizalsaefullah01@gmail.com

Article Info	Abstract
Article History Submitted: 02-05-2025 Revised: 09-07-2025 Accepted: 19-08-2025	Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode <i>Didactical Design Research</i> (DDR) yang terdiri dari tiga tahapan: analisis prospektif, metapedadidaktik, dan retrospektif. Subjek penelitian adalah 36 siswa kelas XI Teknik Komputer Jaringan (TKJ) di SMK Negeri 5 Kuningan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain didaktis yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam empat tahap pertemuan secara progresif berhasil meningkatkan pemahaman siswa, mulai dari penguasaan materi prasyarat, pemahaman konsep dasar, penerapan berbagai metode penyelesaian, hingga aplikasi dalam masalah kontekstual. Analisis retrospektif menunjukkan bahwa desain didaktis yang diterapkan efektif mengatasi <i>learning obstacle</i> yang telah diidentifikasi, dengan hanya memerlukan satu modifikasi minor untuk mengantisipasi respons tak terduga dari siswa. Desain didaktis empirik yang dihasilkan terbukti solid, adaptif, dan mampu meningkatkan pemahaman siswa secara komprehensif.
Keywords: <i>Didactical Design Research;</i> <i>Learning Obstacle;</i> <i>Learning Trajectory;</i> Persamaan Kuadrat	<i>This study employs a qualitative approach, utilizing the Didactical Design Research (DDR) method, which comprises three stages: prospective, metapedidactic, and retrospective analysis. The research subjects were 36 eleventh-grade students from the Computer and Network Engineering (TKJ) program at SMK Negeri 5 Kuningan. The results indicate that the didactic design, developed and implemented in four stages, progressively improved student understanding, from mastering prerequisite materials to understanding basic concepts, applying various solution methods, and ultimately using these methods to contextual problems. Retrospective analysis showed that the implemented didactic design was effective in overcoming the identified learning obstacles, requiring only one minor modification to anticipate an unexpected student response. The resulting empirical didactic design proved to be solid, adaptive, and capable of comprehensively enhancing student understanding.</i>

PENDAHULUAN

Persamaan kuadrat merupakan salah satu materi pokok dalam kurikulum matematika tingkat menengah, termasuk di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) (Kesumayanti & Putra, 2017). Materi ini memiliki relevansi tinggi baik secara konseptual dalam pembelajaran matematika lanjutan maupun secara aplikatif dalam kehidupan nyata, seperti perhitungan keuangan, optimasi, dan analisis grafik. Materi persamaan kuadrat merupakan materi sangat penting dalam proses pembelajaran matematika di jenjang sekolah (Burhan, Suherman, 2021). Kurikulum nasional

Indonesia menekankan pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pemahaman konsep melalui pembelajaran matematika (Permendiknas No. 22 Tahun 2006) yang menjadikan pemahaman mendalam atas konsep persamaan kuadrat sebagai kompetensi esensial. Namun, pentingnya materi ini tidak selalu berbanding lurus dengan kemudahan siswa dalam memahaminya.

Berbagai studi dan hasil observasi di kelas menunjukkan bahwa siswa SMK kerap mengalami kesulitan dalam memahami dan menyelesaikan persoalan persamaan kuadrat, terutama dalam aspek pengenalan bentuk umum, penggunaan metode faktorisasi, diskriminan, dan keterampilan aljabar dasar. Menurut Brousseau, kesulitan ini mencerminkan adanya *learning obstacle*, baik dari sisi epistemologis, ontogenik, maupun didaktis (Saputra, 2023). *Learning obstacle* ini seringkali menjadi penghalang bagi siswa untuk mencapai pemahaman konseptual, sehingga pembelajaran hanya berhenti pada tingkat prosedural atau hafalan rumus tanpa pemaknaan (Sakinah et al., 2019). Minimnya bahan ajar yang responsif terhadap karakteristik siswa SMK dan kurangnya strategi pengajaran yang mengantisipasi kesulitan siswa turut memperparah permasalahan ini. Salah satu pendekatan yang potensial untuk mengatasi hal ini adalah penerapan *Didactical Design Research* (DDR) yang memfokuskan pada identifikasi *learning obstacle*, lintasan belajar (HLT), serta penyusunan dan pengembangan desain pembelajaran berdasarkan interaksi antara guru, siswa, dan materi ajar (Fauzia et al., 2017; Suryadi, 2018). Kajian-kajian sebelumnya telah banyak mengembangkan desain didaktis pada materi persamaan kuadrat, tetapi sebagian besar dilakukan di jenjang SMP dan SMA. Minimnya fokus penelitian di jenjang SMK yang notabene memiliki karakteristik peserta didik dan waktu belajar yang berbeda, menyisakan celah penelitian untuk mengembangkan desain didaktis yang lebih relevan dengan kebutuhan siswa SMK. Oleh karena itu, penelitian tentang desain didaktis yang khusus ditujukan untuk siswa SMK menjadi semakin penting agar mereka dapat memiliki pemahaman yang komprehensif agar mampu bersaing dalam tes seleksi masuk perguruan tinggi dan test seleksi Perusahaan.

Berbagai penelitian terdahulu telah memvalidasi pendekatan DDR dalam pembelajaran matematika, seperti yang dilakukan oleh Maharani (2019) yang mengungkapkan bahwa bahan ajar yang diterapkan di sekolah kurang sesuai dengan karakteristik siswa, terutama dalam hal penalaran matematis mereka. Mayoritas siswa mengalami kesulitan dalam materi persamaan kuadrat. Terutama cara mencari akar – akar kuadrat dan cara menyelesaikannya. Bahkan banyak siswa yang belum paham mengenai bentuk umum persamaan kuadrat. Sehingga dibutuhkan bahan ajar disusun berdasarkan *Learning obstacle* yang memberikan inovasi baru dalam proses pembelajaran siswa dan juga memberikan perhatian pada respon siswa. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Marlinda (2024) mengungkapkan bahwa Hambatan epistimologi siswa pada materi Persamaan Kuadrat menjadi salah satu kesulitan belajar yang terjadi pada siswa. Ia mengungkapkan bahwa siswa terkadang paham materi yang di jelaskan oleh guru, akan tetapi pada kenyataanya siswa tidak paham pada materi persamaan kuadrat. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan keberhasilan DDR dalam mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan partisipasi aktif siswa melalui strategi yang terstruktur berbasis pada *learning obstacle*. Meski demikian, belum terdapat kajian empiris yang mengembangkan dan mengimplementasikan desain didaktis berbasis DDR untuk materi persamaan kuadrat dalam konteks pembelajaran SMK secara sistematis.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam pengembangan desain didaktis yang khusus dirancang untuk siswa SMK dengan mempertimbangkan *learning trajectory* dan karakteristik khas

siswa SMK. Berbeda dari pendekatan sebelumnya, desain ini dikembangkan berbasis analisis metapedadidaktik dan implementasi realistik dalam pembelajaran kelas XI Teknik Komputer Jaringan (TKJ) di SMK. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian intervensi pembelajaran dengan kebutuhan siswa secara langsung dan kontekstual.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan desain didaktis berbasis DDR yang mampu mengatasi *learning obstacle* siswa dalam memahami materi persamaan kuadrat di SMK; dan (2) mengevaluasi implementasi desain didaktis tersebut melalui analisis metapedadidaktik dan retrospektif. Dengan meningkatnya kebutuhan siswa SMK untuk mampu bersaing dalam tes masuk perguruan tinggi dan seleksi kerja yang menguji kemampuan berpikir logis dan matematis, penguasaan materi persamaan kuadrat menjadi krusial. Penelitian ini penting untuk menjawab kebutuhan tersebut dengan menghadirkan pendekatan pembelajaran yang adaptif, berbasis riset, dan dapat diimplementasikan secara luas oleh guru di lapangan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis *Didactical Design Research* (DDR). DDR merupakan pendekatan penelitian dalam pendidikan matematika yang dirancang untuk mengidentifikasi *learning obstacle* (hambatan belajar) yang dialami siswa, serta merancang dan mengembangkan desain pembelajaran untuk mengatasi hambatan tersebut (Deshayati, 2018). Dalam konteks ini, penelitian tidak hanya berupaya menemukan permasalahan, tetapi juga menyusun solusi instruksional berbasis situasi didaktis yang nyata (Nurfadilah et al., 2023). Pendekatan DDR dipilih karena sifatnya yang siklis dan reflektif, yang memungkinkan perbaikan desain secara berkelanjutan berdasarkan data empiris dari kelas (Plomp, Nieveen & Folmer, 2013). DDR juga menekankan pentingnya hubungan antara guru, siswa, dan materi ajar yang digambarkan dalam segitiga didaktis, serta bagaimana guru mampu mengantisipasi berbagai respon siswa (Suryadi, 2010).

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 & Hirose, 2019). Adapun penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 di SMK Negeri 5 Kuningan yang berlokasi di Desa Ciawilor, Kecamatan Ciawigebang, Kabupaten Kuningan. Subjek dalam penelitian ini adalah 36 siswa kelas XI TKJ B serta guru matematika yang mengajar di kelas tersebut. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu berdasarkan tujuan penelitian dan konteks pembelajaran yang sesuai, terutama karena kelas ini menunjukkan kesulitan dalam memahami materi persamaan kuadrat (Suryadi Didi, 2018).

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama sesuai model DDR yaitu: (1) analisis prospektif; (2) analisis metapedadidaktik; dan (3) analisis retrospektif (Suryadi, 2010). Pada tahap prospektif, peneliti merumuskan *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) yang berfungsi sebagai panduan untuk kegiatan pembelajaran (Lantakay et al., 2023). Setiap tahap dalam DDR ini memerlukan data kontekstual yang diperoleh melalui berbagai metode pengumpulan data yang dirancang sesuai dengan tujuan masing-masing tahap. Oleh karena itu, teknik pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup tes tertulis, wawancara tidak terstruktur, observasi, dan dokumentasi (Sugiyono, 2020). Melalui tahapan pada model DDR, data dianalisis secara reflektif dan berulang dengan memperhatikan perubahan respon siswa terhadap intervensi yang diberikan

pada setiap siklus pembelajaran. Oleh karena itu, hasil akhir dari proses analisis ini adalah sebuah desain pembelajaran yang lebih adaptif terhadap karakteristik dan kesulitan belajar siswa di SMK.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *Prospective Analysis*

Analisis prospektif mencakup tiga jenis analisis situasi didaktis, yaitu analisis *learning Obstacle* pada materi persamaan kuadrat, repersonalisasi dan rekontekstualisasi, serta pengembangan desain didaktis. Pada langkah pertama, *learning obstacle* diidentifikasi dan dipetakan untuk memahami tujuan desain didaktis hipotesis pada materi persamaan kuadrat. Selanjutnya, repersonalisasi dan rekontekstualisasi menganalisis konteks materi persamaan kuadrat dengan mempertimbangkan hambatan belajar siswa. Berdasarkan pada hasil rekontekstualisasi dan repersonalisasi, langkah terakhir adalah pembuatan desain didaktis. Tahap ini menghasilkan desain didaktis hipotesis yang terdiri dari Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan Lintasan Belajar Hipotetik (*Hypothetical Learning Trajectory*).

Analisis hambatan belajar dengan langkah awal memberikan tes identifikasi kepada lima siswa yang berasal dari kelas yang sama dengan variasi kemampuan akademik. Tes ini bertujuan untuk mengidentifikasi hambatan belajar siswa terkait materi persamaan kuadrat. Adapun soal yang diberikan terdiri dari dua butir soal yang telah disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) sesuai pedoman Kurikulum 2013. Selanjutnya peneliti menganalisis hambatan-hambatan tersebut ke dalam 3 jenis hambatan, yaitu: 1) *Ontogenic Obstacle* (berhubungan dengan perkembangan berfikir siswa), 2) *Epistemological Obstacle* (berhubungan dengan pemahaman siswa mengenai suatu materi), dan 3) *Didactical Obstacle* (berhubungan dengan pengajaran, seperti bagaimana guru mengajar, pendekatan, model atau strategi apa yang digunakan). Adapun analisisnya sebagai berikut:

Tabel 1. Ringkasan Hambatan *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 guru dan orang tua	Siswa A, D, dan E
<i>Instrumental ontogenic obstacle</i>	Siswa tidak mengetahui formula untuk memecahkan soal Siswa tidak mengetahui langkah pemecahan soal Siswa tidak mengetahui langkah pemecahan soal	Semua siswa
<i>Instrumental ontogenic obstacle</i>	Siswa bingung atau melakukan kesalahan dalam langkah-langkah pengerjaan soal, meskipun mungkin memiliki sedikit pemahaman konsep.	Semua siswa
<i>Conceptual ontogenic obstacle</i>	Siswa tidak memahami konsep soal Siswa tidak mampu menjelaskan definisi, ciri-ciri, dan konsep utama suatu materi.	Semua siswa

Tabel 2. Ringkasan Hambatan *Epistemological Obstacle*

<i>Epistemological Obstacle</i>	Karakteristik	Siswa yang Mengalami Hambatan
<i>Error of description</i>	Menunjukkan pemahaman konsep yang keliru dengan jawaban yang tidak lengkap dan tidak mendeskripsikan ciri-ciri persamaan kuadrat secara lengkap.	Semua siswa
<i>Error of ways of thinking</i>	Siswa tidak membuat persamaan menjadi 0 (nol) terlebih dahulu. Siswa hanya menebak angka dalam proses faktorisasi.	Semua siswa
<i>Error ways of understanding</i>	Siswa berasumsi cara untuk menyelesaikan faktorisasi cukup langsung di faktorkan tanpa memikirkan ruas kanan menjadi 0 Siswa berasumsi jika persamaan kuadrat adalah hasil dari faktorisasi	Semua siswa Siswa C
<i>Error ways of understanding</i>	Siswa tidak mengetahui langkah pengerjaan soal yang tepat	Semua siswa
<i>Error of calculation process</i>	Siswa benar dalam langkah penyelesaian, tapi keliru dalam proses perhitungan	Siswa A dan C

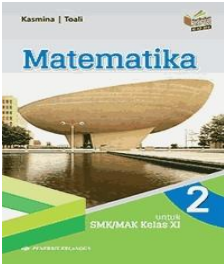
Tabel 3. Ringkasan Hambatan *Didactical Obstacle*

<i>Didactical Obstacle</i>	Karakteristik	Siswa yang Mengalami Hambatan
Representasi dan pendekatan yang diberikan guru kurang beragam	Berdasarkan hasil wawancara dengan guru, proses pembelajaran bersama siswa dilakukan menggunakan berbagai metode, seperti ceramah, diskusi, serta tanya jawab. Namun, terdapat kendala yaitu siswa kurang bersikap terbuka dalam menyampaikan kesulitan atau hambatan yang mereka alami selama proses belajar. Terkadang guru terlalu cepat dalam menjelaskan materi saat proses pembelajaran	Semua siswa
Alur penyampaian materi yang kurang sistematis	Sistem pembelajaran kurikulum saat ini menuntut siswa untuk lebih aktif mendalami materi karena bahan ajar disusun tidak menyesuaikan kemampuan awal siswa.	Siswa A dan D

Temuan mengenai tiga jenis hambatan belajar ini ontogenical, epistemological, dan didactical sejalan dengan penelitian sebelumnya. Sebagai contoh, penelitian oleh Sobari (2021) juga mengidentifikasi bahwa siswa mengalami ontogenical obstacle seperti kekeliruan dalam memahami bentuk umum persamaan kuadrat dan kurangnya penguasaan materi prasyarat. Lebih lanjut, dalam penelitian Ruli et al., (2021) menemukan adanya *didactical obstacle* di mana guru belum mampu mengakomodasi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan intelektual siswa, serta epistemological obstacle yang ditandai dengan ketidakmampuan siswa mengubah soal kontekstual ke dalam model matematika, yang keduanya juga teridentifikasi dalam penelitian ini

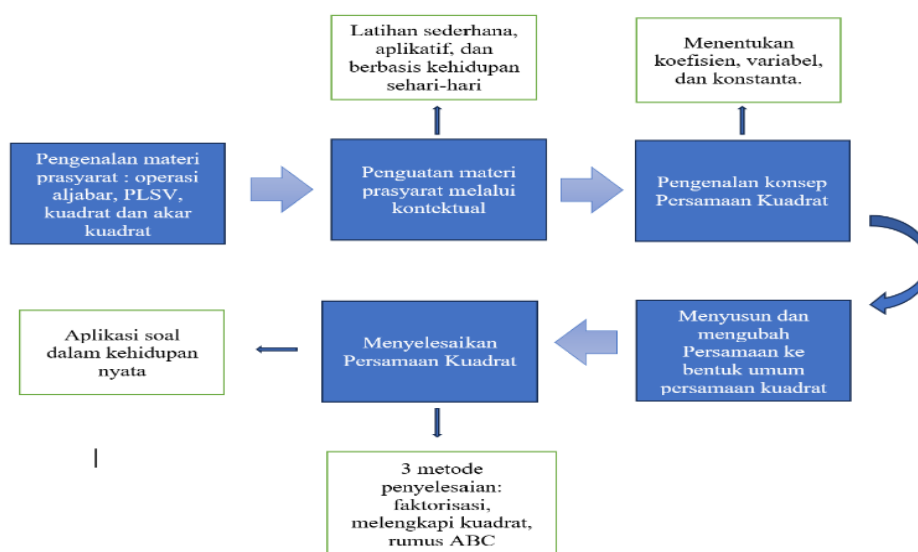
Sebelum merancang desain didaktis, peneliti terlebih dahulu melakukan proses repersonalisasi dan rekontekstualisasi. Selama tahap repersonalisasi, peneliti melakukan analisis mendalam terhadap buku pelajaran matematika yang digunakan siswa. Peninjauan ini melibatkan analisis konteks materi persamaan kuadrat dari berbagai referensi untuk mengaitkan konsep-konsep matematika yang akan diajarkan. Hasil analisis buku paket yang digunakan siswa menunjukkan bahwa bahan ajar tersebut tidak dilengkapi dengan peta konsep, yang berpotensi menghambat pemahaman siswa secara sistematis.

Tabel 4. Identitas Buku Paket Matematika

Sampul	Deskripsi
	Judul : Matematika SMK/MAK Kelas XI Semester 2
	Penulis : Drs. Kasmina, M.Sc. Tuali, M.M
	Penerbit : Erlangga

Selanjutnya peneliti melakukan eksplorasi terkait kelebihan dan kekurangan dari buku paket yang digunakan khususnya pada materi persamaan kuadrat. Kelebihan dari buku ini terletak pada penyajian materi yang sistematis dan mudah dipahami, serta sesuai dengan kurikulum 2013 di mana sebagian besar isi buku ini terdiri dari latihan soal dan contoh soal. Contoh soal yang disajikan dalam buku ini bervariasi, mulai dari tingkat kesulitan rendah hingga sedang, serta disertai langkah-langkah penyelesaian yang jelas. Latihan soal yang tersedia cukup banyak dan mencakup berbagai aspek, mulai dari pemahaman dasar hingga aplikasi sederhana dan banyak diberikan dalam tipe terbuka. Sedangkan kekurangan dari bahan ajar ini yaitu tidak menyajikan kemampuan awal matematika untuk materi persamaan kuadrat.

Pada tahap rekontekstualisasi, peneliti mengembangkan alternatif alur pembelajaran yang disusun berdasarkan hasil analisis mendalam terhadap sumber bahan ajar serta hasil tes identifikasi hambatan belajar (*learning obstacle*). Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, ditemukan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan materi persamaan kuadrat. Melalui wawancara tidak terstruktur yang dilakukan antara peneliti dan siswa, terungkap bahwa pada umumnya siswa belum mempelajari persamaan kuadrat secara komprehensif. Sebagian besar siswa baru diperkenalkan pada rumus umum persamaan kuadrat tanpa memahami konsep secara mendalam. Selain itu, banyak siswa yang mengaku belum menguasai materi prasyarat seperti operasi aljabar, konsep kuadrat dan akar kuadrat, serta persamaan linear satu variabel. Berikut ini disajikan alternatif alur pembelajaran yang dihasilkan dari eksplorasi konsep dan analisis tes identifikasi *learning obstacle*.



Gambar 1. Alternatif Alur Pembelajaran Persamaan Kuadrat

Berdasarkan urutan pembelajaran yang telah dirancang, pembelajaran diawali dengan penguatan materi prasyarat yang teridentifikasi sebagai kelemahan siswa, meliputi pengenalan jenis dan operasi bilangan, perpangkatan, akar kuadrat, penyederhanaan bentuk aljabar, hingga konsep persamaan linear satu variabel. Setelah menguasai dasar-dasar tersebut, siswa diarahkan untuk memahami konsep inti persamaan kuadrat, dimulai dari pengenalan bentuk umum persamaan kuadrat $ax^2 + bx + c = 0$, identifikasi koefisien dan variabel, hingga penerapan metode penyelesaian faktorisasi secara konseptual dan prosedural. Pada tahap selanjutnya, pemahaman siswa diperdalam melalui pengerjaan soal-soal kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari dan bidang kejuruan mereka untuk memfasilitasi proses rekontekstualisasi. Di akhir, seluruh lintasan belajar diperkuat melalui sesi refleksi, diskusi kelompok, dan penyelesaian soal lanjutan untuk memantapkan pemahaman siswa secara komprehensif.

Analisis Learning Trajectories

Dalam membuat keputusan terkait hasil *learning trajectories*, peneliti terlebih dahulu menentukan *Significant Didactic Facts* (SDF). SDF diperlukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis aspek-aspek penting dalam proses pengajaran yang dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran dan membantu siswa memahami materi persamaan kuadrat dengan baik. SDF merujuk pada momen-momen kritis dalam pembelajaran di mana interaksi antara siswa, guru, dan materi ajar menghasilkan respon yang signifikan, baik yang sesuai maupun yang menyimpang dari hipotesis awal (suryadi et al., 2019). Berikut hasil SDF yang ditemukan:

Tabel 5. Hasil *Significant Didactic Facts* (SDF)

<i>Significant Didactic Facts</i>	<i>Learning Obstacle</i>
SDF 1	Siswa kesulitan memahami bentuk umum persamaan kuadrat
SDF 2	Siswa belum menguasai operasi bilangan dan aljabar dasar
SDF 3	Siswa cenderung menghafal prosedur tanpa memahami konsep
SDF 4	Metode penyampaian guru terlalu cepat dan tidak terjangkau oleh siswa
SDF 5	Interaksi antar siswa selama pembelajaran masih minim
SDF 6	Siswa tidak terbiasa dengan soal kontekstual

Analisis *learning trajectories* dilakukan guna mengidentifikasi proses dan perkembangan pemahaman siswa terhadap barisan angka. Pada tahap ini analisis didasarkan pada hasil tes identifikasi *learning obstacle* dan wawancara yang dilakukan dengan siswa. Terdapat tiga komponen utama yang perlu diperhatikan untuk mencapai suatu HLT yang lengkap yaitu mencakup (a) tujuan pembelajaran (*the learning goals*); (b) perkembangan kemajuan berpikir dan belajar siswa (*developmental progression of thinking and learning*); dan (c) perangkat yang digunakan dalam aktivitas pembelajaran (*sequence of instructional tasks*). Penyusunan *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) yang didasarkan pada analisis *learning obstacle* merupakan langkah krusial dalam merancang pembelajaran yang efektif. Hal ini sejalan dengan pandangan Hajriyanto et al. (2024) yang menyatakan bahwa HLT berfungsi sebagai alat untuk memandu siswa dalam memahami konsep matematika secara bertahap sesuai dengan alur berpikir yang telah diprediksi. Berikut ini rincian dari ketiga komponen tersebut:

Tabel 1. Analisis *Hypothetical Learning Trajectories*

Aspek LT	Deskripsi
Tujuan: Ide besar matematika	1. Siswa mampu mengenali dan menuliskan bentuk umum persamaan kuadrat. 2. Siswa mampu mengidentifikasi koefisien, variabel, dan konstanta dalam persamaan kuadrat. 3. Siswa mampu menyelesaikan persamaan kuadrat dengan metode faktorisasi. 4. Siswa mampu memahami dan menerapkan operasi aljabar sebagai prasyarat. 5. Siswa mampu menyelesaikan masalah persamaan kuadrat dalam konteks soal cerita. 6. Siswa mampu menjelaskan kembali langkah-langkah penyelesaian persamaan kuadrat secara lisan maupun tertulis.
Peningkatan pemahaman: Alur pembelajaran	1. Terjadi peningkatan pemahaman siswa selama penerapan pembelajaran yang dirancang berdasarkan desain didaktis hipotetik. 2. Siswa mampu menyelesaikan permasalahan yang diberikan secara mandiri, sehingga memberikan keyakinan bagi peneliti bahwa telah terjadi peningkatan pemahaman siswa terhadap materi yang dipelajari. 3. Siswa diberikan ruang untuk menyelesaikan permasalahan dan menarik kesimpulan secara bebas sesuai dengan hasil pemikiran mereka.
Perangkat pembelajaran: Cara mengajar	1. Peneliti merancang RPP dan bahan ajar hipotetik untuk setiap pertemuan selama penelitian berlangsung. 2. Model pembelajaran yang digunakan peneliti yaitu metode pembelajaran <i>Contextual Teaching Learning</i> (CTL) dengan pendekatan <i>cooperative learning</i> yang berfokus pada upaya mengurangi <i>learning obstacle</i> siswa.

Analisis Desain Didaktis Hipotetik

Desain didaktis hipotetik (*Hypothetical Didactical Design*) merupakan rancangan bahan ajar yang dirancang untuk diterapkan dalam proses pembelajaran materi persamaan kuadrat. Apabila dalam pelaksanaannya ditemukan *learning obstacle* yang signifikan atau tidak terjadi peningkatan pemahaman siswa, maka diperlukan analisis retrospektif. Analisis metapedadidaktik merupakan hasil evaluasi dari observasi yang dilakukan saat desain didaktis diterapkan dalam proses pembelajaran. Sebelum pelaksanaan, peneliti telah menyusun berbagai prediksi respon siswa dan

antisipasi didaktis untuk menghadapi berbagai kemungkinan yang muncul selama pembelajaran berlangsung. Desain didaktis hipotetik ini kemudian diimplementasikan pada siswa kelas XI TKJ B SMK Negeri 5 Kuningan dan dirancang untuk empat pertemuan. Peneliti menyusun empat desain didaktis hipotetik yang disesuaikan dengan sub-materi yang akan dipelajari siswa, yaitu pada topik persamaan kuadrat.

Tabel 7. Desain Didaktis Hipotetik

Desain Didaktis	Situasi	Rincian
Desain Didaktis Hipotetik 1	1. Mengetahui operasi aljabar dasar dan persamaan linear satu variabel 2. Memindahkan ruas pada persamaan linear satu variabel 3. Menyelesaikan soal PLSV dalam kontekstual	Penyelesaian soal PLSV dilakukan untuk memfasilitasi siswa dalam memahami hubungan antar komponen persamaan, seperti koefisien, variabel, dan konstanta dalam konteks yang familiar. Melalui soal ini siswa dapat memperdalam pemahaman mengenai pemodelan matematika dan penerapannya dalam permasalahan sehari-hari, sehingga siswa tidak hanya menyelesaikan prosedur, tetapi juga memahami makna dibalik setiap langkah penyelesaian yang dilakukan.
Desain Didaktis Hipotetik 2	1. Pengenalan konsep persamaan kuadrat 2. Mengubah persamaan ke bentuk umum persamaan kuadrat 3. Penerapan metode faktorisasi	Desain ini bertujuan untuk mengatasi <i>learning obstacle</i> siswa dalam membedakan dan memahami ciri-ciri fundamental persamaan kuadrat. Dengan aktivitas diskusi dan pengelompokan kartu, siswa secara aktif menemukan sendiri konsep-konsep utama (seperti pangkat tertinggi dua). Aktivitas dilanjutkan dengan mengubah berbagai bentuk persamaan ke bentuk umum untuk memperkuat pemahaman prosedural dan diakhiri dengan soal kontekstual untuk menghubungkan konsep abstrak faktorisasi dengan situasi nyata sehingga pembelajaran lebih bermakna.
Desain Didaktis Hipotetik 3	1. Penyelesaian persamaan kuadrat menggunakan metode faktorisasi 2. Penerapan metode melengkapi kuadrat sempurna 3. Penerapan persamaan kuadrat dalam pemecahan masalah kontekstual	Desain ini disusun untuk mengatasi kesulitan siswa dalam menerapkan prosedur penyelesaian yang lebih kompleks, seperti faktorisasi saat koefisien $a \neq 1$ dan metode melengkapi kuadrat sempurna. Tujuannya adalah mengalihkan siswa dari pemahaman hafalan menuju pemahaman konseptual. Penggunaan soal kontekstual bertujuan untuk menghubungkan teori dengan aplikasi di dunia nyata, memfasilitasi siswa agar dapat memecahkan masalah praktis dan memahami bagaimana prosedur matematika digunakan dalam kehidupan sehari-hari.
Desain Didaktis Hipotetik 4	1. Penyelesaian persamaan kuadrat dengan Rumus ABC 2. Penerapan rumus ABC pada soal kontekstual 3. Penyelesaian persamaan menggunakan 3	Desain ini berfungsi sebagai tahap konsolidasi untuk memastikan siswa tidak hanya menguasai tiga metode penyelesaian secara terpisah, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara fleksibel. Situasi terakhir di mana siswa menyelesaikan satu soal dengan tiga cara berbeda dirancang untuk mendorong validasi mandiri. Proses ini secara efektif membangun pemahaman konseptual bahwa meskipun prosedurnya berbeda, semua metode

metode

secara matematis ekuivalen dan akan menghasilkan solusi yang identik.

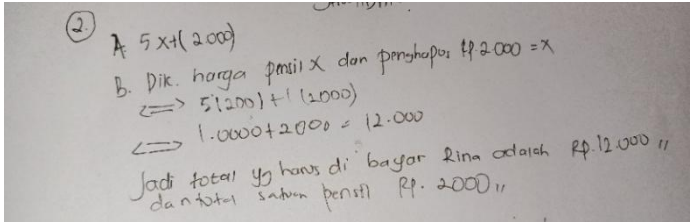
Tahap Analisis Metapedadidaktik

Analisis metapedadidaktik merupakan fase krusial dalam siklus *Didactical Design Research* (DDR), di mana peneliti melakukan analisis terhadap implementasi desain didaktis yang sedang berlangsung. Menurut Suryadi (2018), pada tahap ini peneliti harus mampu mengambil posisi sebagai pengamat untuk menganalisis interaksi didaktis yang terjadi antara guru, siswa, dan materi ajar, lalu membandingkannya dengan prediksi dan antisipasi yang telah dirumuskan dalam desain hipotesis. Proses ini memungkinkan peneliti untuk menangkap momen-momen kritis dalam pembelajaran, termasuk respons siswa yang tak terduga, yang kemudian ditangani melalui antisipasi didaktis seperti *scaffolding* untuk membantu siswa mengatasi hambatan belajar.

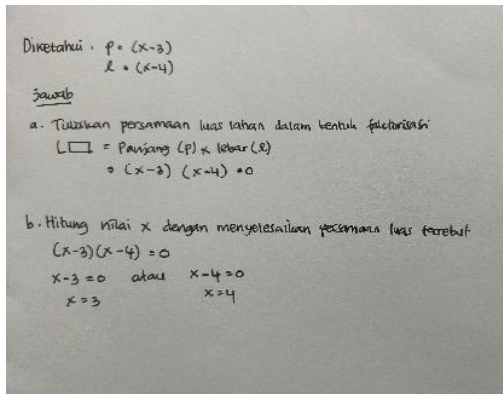
Analisis metapedadidaktik merupakan hasil evaluasi dari observasi yang dilakukan saat desain didaktis diterapkan dalam proses pembelajaran. Sebelum pelaksanaan, peneliti telah menyusun berbagai prediksi respon siswa dan antisipasi didaktis untuk menghadapi kemungkinan-kemungkinan yang muncul selama pembelajaran berlangsung. Analisis metapedadidaktik selama proses pembelajaran dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Analisis metapedadidaktik

Desain	Analisis	Kesimpulan
Desain Didaktis Hipotetik 1	1. Untuk mengatasi hambatan ontogenik dan didaktis, peneliti memberikan motivasi di awal pembelajaran. Strategi penyampaian materi dilakukan secara sistematis dan tidak terburu-buru, di mana siswa diminta fokus menyimak terlebih dahulu, diikuti sesi tanya jawab, kemudian diberikan waktu khusus untuk mencatat. Sebelum masuk ke materi inti, peneliti memberikan stimulus berupa pertanyaan-pertanyaan pengantar seperti, “Apa yang kalian ketahui tentang operasi aljabar?” dan “Bagaimana menyelesaikan persamaan seperti $2x+5=9$?”. Tujuannya adalah untuk mengaktifkan kembali pengetahuan prasyarat siswa. Setelah itu, peneliti menjelaskan tujuan, manfaat, dan aktivitas pembelajaran yang akan dilakukan, kemudian membagi siswa ke dalam kelompok. 2. Siswa kemudian dibagi menjadi beberapa kelompok untuk berdiskusi menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Respon siswa pada Situasi 1 dan 2 sebagian besar sesuai dengan prediksi. Meskipun demikian, pada Situasi 3, beberapa siswa masih mengalami kesulitan dalam memindahkan ruas dan melakukan operasi pembagian, namun hal ini berhasil diatasi oleh guru sesuai dengan antisipasi yang telah dirancang. Dibawah ini merupakan salah satu hasil penyelesaian siswa pada desain didaktis 1 situasi 3:	Terimplementasi dengan baik; tidak ada revisi; terjadi peningkatan pemahaman siswa pada materi prasyarat

Desain	Analisis	Kesimpulan
Desain Didaktis Hipotetik 1	Gambar 2. Jawaban situasi 3 desain didaktis hipotetik 1 yang sesuai.  Sebanyak empat kelompok memberikan jawaban yang serupa dan memberikan respon sesuai dengan prediksi yang diharapkan. Jawaban siswa menunjukkan bahwa mereka tidak hanya sekedar menghitung jumlah benda secara langsung, melainkan sudah mampu menerjemahkan soal cerita ke dalam model matematika dengan memisalkan variabel dan menuliskan persamaannya secara aljabar, meskipun proses tersebut memerlukan pemahaman konseptual yang lebih mendalam. Peneliti melakukan antisipasi dengan memberikan penguatan bahwa langkah yang mereka lakukan sudah tepat untuk membangun pemahaman formal dalam aljabar.	Terimplementasi dengan baik; tidak ada revisi; terjadi peningkatan pemahaman siswa pada materi prasyarat
Desain Didaktis Hipotetik 2	1. Peneliti memulai pembelajaran dengan melakukan refleksi awal untuk mengatasi hambatan ontogenik siswa dan mengaitkan materi sebelumnya. 2. Aktivitas pembelajaran diawali dengan membagi siswa ke dalam empat kelompok belajar, di mana setiap kelompok menerima Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD tersebut memuat stimulus berupa satu set kartu persamaan acak yang harus diklasifikasikan berdasarkan ciri-ciri utama yang mereka temukan melalui diskusi. Setelah setiap kelompok mempresentasikan hasilnya, peneliti mengambil peran sebagai fasilitator untuk memberikan scaffolding, yaitu dengan mengonfirmasi dan merangkum hasil pemikiran siswa sebagai landasan untuk memperkenalkan materi persamaan kuadrat secara formal. 3. Peneliti kemudian memberikan penguatan konseptual dengan menjelaskan definisi, bentuk umum, dan komponen-komponen persamaan kuadrat (koefisien, variabel, konstanta). Peneliti juga menjelaskan penyelesaian persamaaan dengan faktorisasi dengan memberikan contoh soal guna memperjelas siswa dalam memahami metode faktorisasi. Respon siswa terhadap penjelasan ini sangat positif, menunjukkan bahwa mereka dapat menyerap informasi yang disajikan dengan efektif dan cepat. Kemudian, siswa diberikan LKPD untuk diselesaikan secara berkelompok. LKPD yang diberikan	Terimplementasi optimal; tidak ada revisi; terjadi peningkatan pemahaman konseptual dan prosedural siswa secara signifikan.

pada pertemuan ini terdiri dari tiga situasi didaktis. Berikut ini contoh jawaban siswa untuk situasi 3 desain didaktis hipotetik

Desain	Analisis	Kesimpulan
Desain Didaktis Hipotetik 2	 Diketahui : $p = (x-3)$ $l = (x-4)$ Jawab a. Tuliskan persamaan luas lahan dalam bentuk faktorisasi $L = \text{Panjang } (p) \times \text{lebar } (l)$ $\Rightarrow (x-3)(x-4) = 0$ b. Hitung nilai x dengan menyelesaikan persamaan luas tersebut $(x-3)(x-4) = 0$ $x-3 = 0$ atau $x-4 = 0$ $x = 3$ $x = 4$	Terimplementasi optimal; tidak ada revisi; terjadi peningkatan pemahaman konseptual dan prosedural siswa secara signifikan
Desain Didaktis Hipotetik 3	Gambar 3. Jawaban situasi 2 desain didaktis hipotetik 2 yang sesuai Seluruh kelompok menjawab dengan benar dan sesuai prediksi yang diharapkan tidak ada kelompok yang mengalami kesulitan dengan kata lain seluruh kelompok. 1. Peneliti memulai pembelajaran dengan melakukan refleksi awal untuk mengatasi hambatan ontogenik siswa dan mengaitkan materi sebelumnya. 2. Peneliti melakukan pengenalan tentang penyelesaian persamaan kuadrat menggunakan kuadrat sempurna. 3. Peneliti memberikan contoh soal berkaitan dengan penyelesaian kuadrat sempurna. Sehingga mengetahui bagaimana alur penyelesaian persamaan kuadrat dengan kuadrat sempurna. 4. Merasa cukup dalam menjelaskan penyelesaian persamaan kuadrat sempurna menggunakan metode kuadrat sempurna. siswa diberikan LKPD berupa untuk mempermudah diskusi. Selama Selama proses diskusi berlangsung, siswa cenderung aktif bekerja sama untuk menyelesaikan persoalan yang diberikan.	Terimplementasi dengan baik; hanya memerlukan penambahan antisipasi minor untuk respon tak terduga, terjadi peningkatan pemahaman siswa

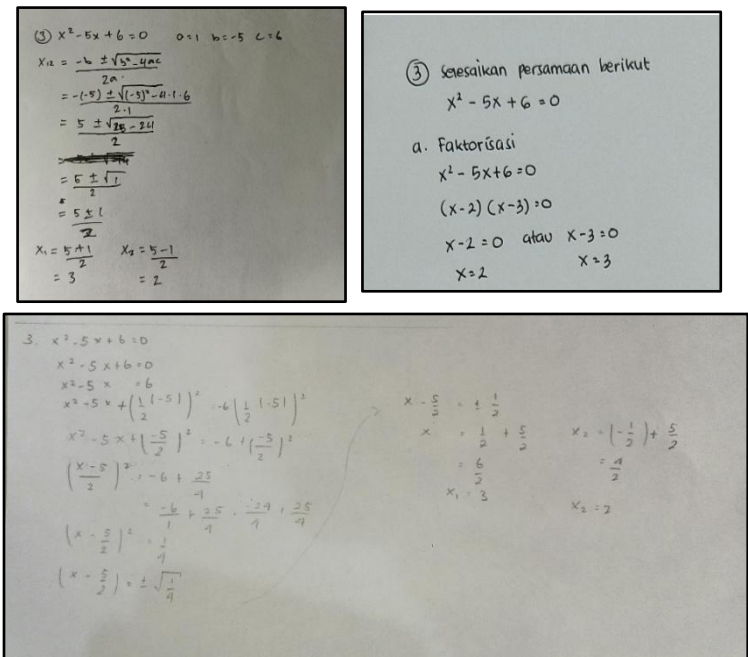
Di bawah ini merupakan salah satu contoh hasil penyelesaian yang diberikan siswa untuk situasi 2 desain didaktis hipotetik 3:

$$\begin{aligned}
 &\text{Jawaban} \\
 &1) \quad x^2 + 6x + 5 = 0 \\
 &\quad x^2 + 6x = -5 \\
 &\quad x^2 + 6x + \left(\frac{1}{2}(6)\right)^2 = -5 + \left(\frac{1}{2}(6)\right)^2 \\
 &\quad x^2 + 6x + 9 = -5 + 9 \\
 &\quad (x + 3)^2 = 4 \\
 &\quad x + 3 = \pm \sqrt{4} \\
 &\quad x + 3 = \pm 2 \\
 &\quad \begin{array}{l} x + 3 = 2 \qquad x + 3 = -2 \\ x = 2 - 3 \qquad x = -2 - 3 \\ x = -1 \qquad x = -5 \end{array}
 \end{aligned}$$

Gambar 4. Jawaban siswa yang sesuai pada situasi 2 desain didaktis hipotetik 3

Desain	Analisis	Kesimpulan
Desain Didaktis Hipotetik 3	Selama implementasi desain didaktis hipotetik 3, teridentifikasi beberapa hambatan prosedural pada siswa, seperti kekeliruan dalam operasi bilangan pecahan dan kuadrat, kecenderungan memberikan jawaban tidak sampai pada Kesimpulan, Menanggapi hal ini, peneliti menerapkan antisipasi didaktis yang telah dirancang, yaitu dengan memberikan <i>scaffolding</i> berupa penguatan konsep operasi aljabar dan bilangan akar, serta mengarahkan siswa untuk menyajikan jawaban secara tuntas.	Terimplementasi dengan baik; hanya memerlukan penambahan antisipasi minor untuk respon tak terduga, terjadi peningkatan pemahaman siswa
Desain Didaktis Hipotetik 4	1. Pembelajaran diawali dengan refleksi dan apersepsi untuk mengaitkan semua materi sebelumnya. 2. Peneliti menjelaskan tentang penyelesaian rumus ABC pada persamaan kuadrat. 3. Untuk menjelaskan asal-usul konseptual rumus ABC, peneliti menerapkan pendekatan pembelajaran interaktif. Dalam proses ini, peneliti tidak hanya memberikan penjelasan searah, tetapi memfasilitasi diskusi di mana siswa dilibatkan secara aktif untuk menjawab dan menelusuri alur penurunan rumus. Peran peneliti di sini adalah sebagai pemandu langkah-langkahnya, sebuah strategi yang bertujuan untuk menciptakan suasana kelas yang dinamis dan partisipatif. Peneliti juga memberikan contoh soal konseptual dalam penggunaan rumus ABC yang bertujuan agar siswa paham betul mengenai alur rumus ABC dan paham betul tentang koefisien, konstanta, dan variabel. Selanjutnya siswa diberikan sebuah LKPD guna untuk memvalidasi apakah siswa benar-benar paham dalam proses pembelajaran yang	Terimplementasi optimal; tidak ada revisi; berhasil mengkonsolidasikan seluruh materi dan membawa pemahaman siswa ke tingkat konseptual yang lebih mendalam

telah dilakukan, dalam LKPD siswa dibagi kelompok. Berikut dibawah ini merupakan salah satu contoh hasil penyelesaian yang diberikan siswa untuk situasi 3 desain didaktis hipotetik 4:

Desain	Analisis	Kesimpulan
Desain Didaktis Hipotetik 4		Terimplementasi optimal; tidak ada revisi; berhasil mengkonsolidasikan seluruh materi dan membawa pemahaman siswa ke tingkat konseptual yang lebih mendalam

Gambar 5. Jawaban siswa yang sesuai pada situasi 3 desain didaktis hipotetik 4

Semua kelompok memberikan jawaban yang benar dengan penyelesaian yang berbeda dan memberikan respon sesuai dengan prediksi yang diharapkan implementasi Desain Didaktis Hipotetik 4 dinilai sangat berhasil. Desain ini mampu mengkonsolidasikan seluruh materi, mengatasi *learning obstacle* yang tersisa, dan berhasil membawa pemahaman siswa dari tingkat prosedural menuju pemahaman aplikatif dan konseptual yang lebih mendalam.

Tahap Analisis Retrospektif

Analisis retrospektif merupakan tahap evaluasi yang dilakukan peneliti untuk meninjau kembali keempat desain didaktis hipotetik yang telah diimplementasikan dalam proses pembelajaran. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghubungkan hasil analisis situasi didaktis hipotesis (analisis prospektif) dengan hasil analisis selama implementasi (analisis metapedadidaktik). Dari proses ini, dihasilkan sebuah desain didaktis empirik yang merupakan versi perbaikan dan penyempurnaan dari rancangan awal.

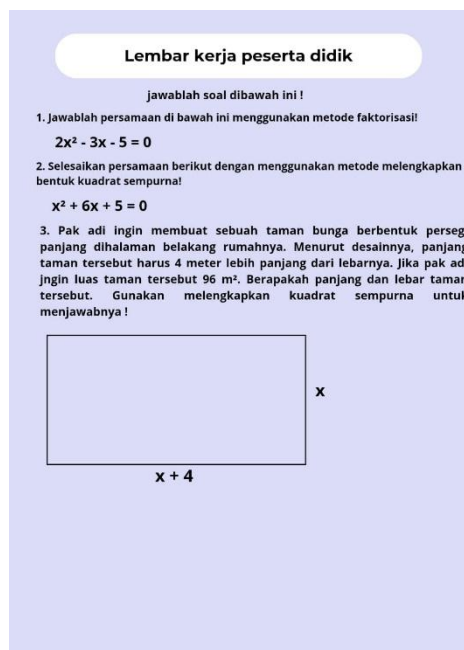
Berdasarkan analisis metapedadidaktik terhadap Desain Didaktis Hipotetik 1, yang berfokus pada penguatan materi prasyarat seperti operasi aljabar dan Persamaan Linear Satu Variabel (PLSV), proses implementasi berlangsung dengan baik. Meskipun ditemukan kesulitan minor pada

beberapa siswa terkait pemindahan ruas dan operasi pembagian, kesulitan ini telah diprediksi sebelumnya dan berhasil diatasi oleh guru sesuai dengan antisipasi didaktis yang telah dirancang.

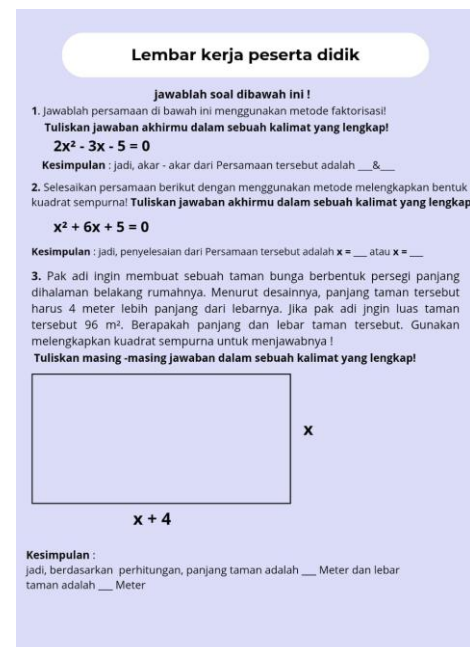
Implementasi Desain Didaktis Hipotetik 2, yang memperkenalkan konsep dasar persamaan kuadrat, juga berjalan optimal. Aktivitas pengelompokan kartu persamaan terbukti sangat efektif untuk mengatasi *learning obstacle* siswa terkait pemahaman konsep, dan kesulitan-kesulitan kecil yang muncul berhasil ditangani melalui *scaffolding* yang telah diantisipasi. Oleh karena itu, tidak diperlukan revisi untuk Desain Didaktis Hipotetik 1 dan 2.

Pada implementasi Desain Didaktis Hipotetik 3, yang membahas metode penyelesaian yang lebih kompleks dan soal kontekstual, sebagian besar kesulitan siswa muncul sesuai prediksi dan berhasil diatasi melalui bantuan bertahap dari peneliti. Namun, dalam tahap ini ditemukan sebuah temuan baru yang tidak terduga, yaitu siswa tidak menuliskan kalimat kesimpulan setelah menyelesaikan soal. Walaupun peneliti berhasil mengatasi hal ini secara langsung di kelas, temuan tersebut mengindikasikan adanya celah pada antisipasi yang telah disusun. Berdasarkan kesulitan ini, Desain Didaktis Hipotetik 3 memerlukan modifikasi berupa penambahan antisipasi minor untuk menghadapi respons tak terduga dan membiasakan siswa untuk menuliskan kesimpulan secara sistematis. Prinsip utama modifikasi ini adalah dengan menambahkan instruksi eksplisit dan kolom jawaban terstruktur pada Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Tujuannya adalah untuk memberikan *scaffolding* (bantuan) visual dan tekstual yang secara jelas meminta siswa menyelesaikan tugas hingga tahap akhir, yaitu penyajian kesimpulan. Berikut ini gambar desain diaktis hipotetik yang di modifikasi:

Desain Didaktis Hipotetik 3 sebelum direvisi



Desain Didaktis Hipotetik 3 sesudah direvisi



Gambar 6. Desain Didaktis Hipotetik 3 sebelum dan sesudah direvisi

Implementasi Desain Didaktis Hipotetik 4, yang berfungsi sebagai tahap konsolidasi materi, berjalan secara optimal dan tidak memerlukan revisi. Seluruh kesulitan yang diprediksi, seperti kebingungan dalam penggunaan rumus ABC dan pemodelan soal kontekstual, berhasil ditangani dengan antisipasi pedagogis yang telah disiapkan. Aktivitas puncak di mana siswa menyelesaikan satu soal dengan tiga metode berbeda terbukti sangat efektif mendorong validasi mandiri dan pemahaman ekuivalensi antar metode.

Tahap analisis retrospektif merupakan fase final dalam siklus DDR yang bertujuan untuk mengevaluasi secara menyeluruh implementasi desain didaktis. Suryadi (2010) menjelaskan bahwa pada tahap ini, peneliti membandingkan secara komprehensif antara lintasan belajar hipotesis (HLT) yang dirancang pada tahap prospektif dengan lintasan belajar aktual siswa yang terungkap selama analisis metapedadidaktik. Proses refleksi mendalam terhadap kesenjangan yang ditemukan menjadi kunci utama untuk melakukan perbaikan, sebagaimana ditekankan oleh Rahmawati & Suryadi (2019)). Oleh karena itu, modifikasi yang dilakukan pada Desain Didaktis Hipotetik 3, yang didasarkan pada respons siswa yang tidak terduga, merupakan wujud dari analisis retrospektif yang fungsional. Dari proses inilah dihasilkan sebuah desain didaktis empirik yang lebih solid, adaptif, dan komperhensif.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan desain didaktis berbasis *Didactical Design Research* (DDR) terbukti efektif dalam mengatasi learning obstacle siswa kelas XI TKJ B SMK Negeri 5 Kuningan pada materi persamaan kuadrat. Proses identifikasi hambatan belajar yang sistematis pada tahap analisis prospektif memungkinkan perancangan Lintasan Belajar Hipotetik (HLT) yang responsif terhadap kebutuhan siswa. Implementasi desain yang terstruktur dalam empat tahap pertemuan menunjukkan peningkatan pemahaman siswa secara progresif, mulai dari penguasaan materi prasyarat, pemahaman konsep dasar, penerapan berbagai metode penyelesaian, hingga aplikasi dalam masalah kontekstual. Aktivitas pembelajaran yang dirancang, seperti pengelompokan kartu persamaan dan penyelesaian soal dengan tiga metode berbeda, berhasil mengatasi hambatan konseptual dan prosedural siswa secara signifikan. Meskipun demikian, analisis retrospektif menunjukkan adanya kebutuhan modifikasi minor pada Desain Didaktis Hipotetik 3 untuk mengatasi respon tak terduga, yaitu kecenderungan siswa tidak menuliskan kalimat kesimpulan akhir. Dengan penambahan instruksi eksplisit dan format jawaban terstruktur, desain didaktis empirik yang dihasilkan menjadi lebih solid dan mampu membimbing siswa mencapai pemahaman yang komprehensif. Berangkat dari temuan tersebut, penelitian ini menawarkan beberapa saran. Bagi guru matematika SMK, disarankan untuk dapat mengadopsi pendekatan DDR guna mengidentifikasi kesulitan belajar siswa yang spesifik di kelasnya. Desain didaktis yang dikembangkan dalam penelitian ini, khususnya pada aktivitas yang terbukti efektif, dapat diimplementasikan untuk meningkatkan pembelajaran. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat diperluas dengan melibatkan subjek yang lebih beragam pada jurusan atau sekolah yang berbeda untuk menguji adaptabilitas desain. Selain itu, pengembangan bahan ajar digital yang terintegrasi dengan desain ini dapat menjadi fokus penelitian berikutnya. Terakhir, bagi pengembang kurikulum dan bahan ajar, temuan mengenai kurangnya penyajian materi prasyarat dan ketiadaan peta konsep pada buku ajar hendaknya menjadi masukan penting untuk perbaikan di masa depan, agar materi yang disajikan lebih sistematis dan mendukung pemahaman siswa secara terstruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia. (2006). *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2006 tentang Standar Kepala Sekolah/Madrasah*. Jakarta: Depdiknas.
- Burhan, Suherman, P. H. A. (2021). Media eksakta. *Available*, 17(1), 46–51.
- Creswell, J. W., & Hirose, M. (2019). Mixed methods and survey research in family medicine and community health. *Family Medicine and Community Health*, 7(2), 1–6. <https://doi.org/10.1136/fmch-2018-000086>
- Deshayati, I. (2018). Desain didaktis konsep pecahan SD Negeri 2 Bandung Agung Tahun Ajaran 2016/2017. *Nucleic Acids Research*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2016.09.008>
- Fauzia, T. A., Juandi, D., & Purniati, T. (2017). Desain didaktis konsep barisan dan deret aritmetika pada pembelajaran matematika sekolah menengah atas. *Journal on Mathematics Education Research*, 1(1), 49–59. <http://repository.upi.edu/30747>
- Hajriyanto, M. H., Prabawati, M. N., & Ratnaningsih, N. (2024). Hypothetical learning trajectory (HLT) terhadap kemampuan literasi numerasi pada materi lingkaran. *PTK: Jurnal Tindakan Kelas*, 4(2), 461–474. <https://doi.org/10.53624/ptk.v4i2.400>
- Kesumayanti, N., & Putra, R. W. Y. (2017). Pengembangan bahan ajar materi persamaan kuadrat berbantuan rumus cepat. *JES-MAT: Jurnal Edukasi dan Sains Matematika*, 3(2), 125–132. <https://doi.org/10.25134/jes-mat.v3i2.686>
- Lantakay, C. N., Senid, P. P., Blegur, I. K. S., & Samo, D. D. (2023). Hypothetical learning trajectory: Bagaimana perannya dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar? *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 3(2), 384–393. <https://doi.org/10.29303/griya.v3i2.329>
- Maharani, A. (2019). Desain bahan ajar materi persamaan kuadrat dengan problem based learning berbasis kemampuan penalaran matematis siswa. *Euclid*, 6(1), 53–61. <https://doi.org/10.33603/e.v6i1.1851>
- Marlinda, S., Nia, K., Effendi, S., & Ronggowaluyo, J. H. S. (2024). Epistemological obstacle siswa dalam menyelesaikan soal pada pokok bahasan persamaan kuadrat. *RADIAN Journal: Research and Review*, 2(4), 151–165.
- Nurfadilah, S., Kusumah, S., & Umbara, U. (2023). Penerapan didactical design research (DDR) pada materi teorema Pythagoras di kelas VIII SMP Negeri 3 Kuningan. *Jurnal Pendidikan Matematika*, x(x), 1–13.
- Plomp, T., Nieveen, N., & Folmer, E. (2013). *Educational design research*. Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO). <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=EJ815766>
- Rahmawati, M., & Suryadi, E. (2019). Guru sebagai fasilitator dan efektivitas belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 4(1), 49–58. <https://doi.org/10.17509/jpm.v4i1.14954>
- Ruli, R. M., Ronggowaluyo, J. H., & Karawang, S. (2021). Identifikasi hambatan belajar siswa pada konsep persamaan kuadrat. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 4(4), 941–948. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v4i4.941-948>
- Sakinah, E., Darwan, D., & Haqq, A. A. (2019). Desain didaktis materi trigonometri dalam upaya meminimalisir hambatan belajar siswa. *Suska Journal of Mathematics Education*, 5(2), 121–130. <https://doi.org/10.24014/sjme.v5i2.7421>

- Saputra, A. (2023). Analisis epistemological obstacles mahasiswa memahami. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika*, 5(1), 13–22.
- Sobari. (2021). Learning obstacle pada materi persamaan kuadrat ditinjau dari gaya belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, $x(x)$, 1–10.
- Sugiyono. (2020). *Metodologi penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suryadi, D. (2010). Penelitian pembelajaran matematika untuk pembentukan karakter bangsa. *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta*, 1(1), 1–14.
- Suryadi, D. (2018). Didactical design research (DDR) dalam pengembangan pembelajaran matematika. *Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Farmaka Tropis Fakultas Farmasi Universitas Muallawarman*, 27(3), 1–10.