

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Perkembangan kurikulum pendidikan di Indonesia tidak hanya mencerminkan dinamika sistem pendidikan dari waktu ke waktu, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor strategis, termasuk kebutuhan akan kompetensi lulusan yang relevan dengan tantangan masa depan. Dalam konteks pembelajaran geometri, khususnya materi bangun ruang sisi lengkung di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP), pergeseran kurikulum dari Kurikulum 2013 ke Kurikulum Merdeka menunjukkan perubahan orientasi dan penekanan tujuan pembelajaran. Pada Kurikulum 2013, orientasi pembelajaran diarahkan agar siswa mampu melakukan generalisasi terhadap rumus luas permukaan dan volume berbagai bangun ruang sisi lengkung serta menyelesaikan permasalahan kontekstual yang berkaitan, sehingga tujuan pembelajaran lebih menekankan pada penguasaan konten dan keterampilan prosedural yang dirumuskan dalam kompetensi dasar dan kompetensi inti (Kemendikbud, 2018). Sebaliknya, Kurikulum Merdeka menggeser orientasi pembelajaran menuju aktivitas eksploratif visual dan konstruktif seperti membuat jaring-jaring bangun ruang sisi lengkung, membentuk bangun dari jaring-jaring bangun ruang sisi lengkung, menjelaskan cara menentukan luas lingkaran, memahami perubahan proporsional pada bangun datar dan bangun ruang terhadap ukuran panjang, besar sudut, luas, dan/atau volume serta menyelesaikan masalah terkait (Kemendikbudristek, 2022).

Perubahan orientasi kurikulum tersebut tentu memerlukan perhatian khusus dalam implementasi pembelajaran di kelas. Hal ini menuntut guru tidak hanya mengacu pada isi kurikulum secara administratif (*curriculum formel*), tetapi juga menciptakan situasi belajar yang adaptif terhadap kebutuhan aktual siswa (*curriculum reel*). Dengan demikian, pemahaman terhadap prinsip-prinsip didaktik menjadi krusial. Didaktik, dalam kerangka pendidikan matematika, dipahami sebagai seni dan ilmu menciptakan situasi yang mampu memfasilitasi proses pengkonsepsian dan pembelajaran siswa (Suryadi, 2019). Situasi belajar yang

dirancang oleh guru tidak hanya bersifat teknis-instruksional, tetapi berdampak pada struktur kognitif siswa, seperti pemaknaan konsep, munculnya aksi-aksi mental (*mental acts*), pengembangan *ways of thinking* (WoT), *ways of understanding* (WoU), formulasi dan validasi pemahaman, hingga internalisasi dan enkapsulasi konsep melalui institusionalisasi.

Proses konstruksi pengetahuan siswa berlangsung melalui interaksi antara proses internal (*knowing*) dan proses eksternal yang muncul dari konteks sosial dan situasi belajar yang dirancang guru. Dalam konteks ini, desain didaktis berfungsi sebagai kerangka kerja konseptual yang memediasi proses tersebut untuk menghasilkan objek mental baru yang bermakna. Desain didaktis tidak dapat dilepaskan dari berbagai faktor yang memengaruhi pembelajaran, baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor-faktor tersebut antara lain kurikulum yang menentukan arah capaian pembelajaran, buku ajar yang menyediakan representasi materi, dan sistem keyakinan (*belief system*) guru yang memengaruhi cara merancang, mengelola, dan mengevaluasi situasi belajar. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, dalam penelitian ini terdapat dua aspek utama yang difokuskan: (1) aspek internal, yang berkaitan dengan bagaimana siswa membentuk objek mental melalui proses *knowing*; dan (2) aspek eksternal, yang mencakup rancangan situasi didaktis, intervensi pedagogis, serta pengaruh kurikulum, sumber belajar, dan orientasi epistemologis guru.

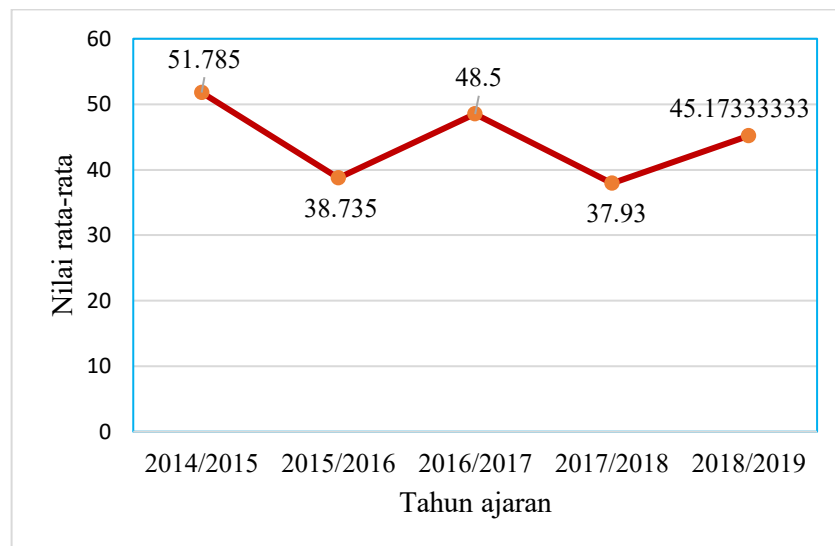
Salah satu faktor eksternal yang penting adalah buku ajar. Buku pelajaran telah menjadi objek kajian dalam berbagai penelitian internasional selama beberapa dekade terakhir (Fan, 2013; Fan dkk., 2018). Buku teks memiliki potensi besar sebagai alat bantu yang efektif dalam mendukung siswa membangun pemahaman matematika yang bermakna (Purnomo dkk., 2019; Weinberg & Wiesner, 2011). Selain itu, buku ajar memainkan peran strategis dalam memengaruhi bagaimana guru menyampaikan topik matematika serta dalam menerjemahkan pemahaman mereka terhadap *learning trajectories* ke dalam praktik kelas (Valverde dkk., 2002). Dengan demikian, buku teks tidak hanya menjadi media pembelajaran, tetapi juga representasi dari kebijakan kurikulum dan kerangka berpikir pendidikan suatu negara.

Buku teks matematika sebagai representasi kebijakan kurikulum suatu negara perlu terus dikembangkan dan ditingkatkan kualitasnya. Yang dan Sianturi (2017) mendorong penelitian buku teks diarahkan agar dapat menghasilkan buku teks yang berkualitas tinggi. Beberapa penelitian yang menganalisis buku ajar matematika dilakukan dengan cara membandingkan buku teks beberapa negara dan diperoleh hasil bahwa buku teks pada masing-masing negara memiliki perbedaan pendekatan ataupun penekanan (Wang dkk, 2017; Ramelan & Wijaya, 2019; Löwenhielm dkk, 2017). Banyak penelitian di beberapa negara mendapatkan porsi yang berbeda dalam isi buku ajar matematika seperti temuan buku ajar di Indonesia fokus pada prosedural atau algoritma (Wijaya dkk, 2015), dan temuan buku ajar matematika di Swedia masih perlu peningkatan kesempatan terkait masalah yang berkaitan dengan penalaran proporsional (Ahl, 2016). Buku ajar juga merupakan bagian dari sebuah dokumen kurikulum dalam suatu negara (Pepin dan Haggarty, 2001; Bittar, 2022). Dengan demikian, penelitian buku ajar matematika menjadi penting bukan hanya untuk menilai kualitas konten dan pendekatan yang digunakan di berbagai negara, tetapi juga untuk memahami peran strategis buku ajar sebagai representasi kebijakan kurikulum suatu negara serta meningkatkan kualitasnya.

Terdapat banyak penelitian mengenai buku teks dalam beberapa negara dengan analisis praksiologis (misalnya, Miyakawa, 2017; Putra, 2020; Solis & Isoda, 2022; Takeuchi & Shinno, 2020; Wijayanti & Winslow, 2017). Miyakawa (2017) melakukan penelitian mengenai buku teks dan mendapatkan bahwa terdapat perbedaan karakter dalam pembuktian diajarkan dalam buku teks di Prancis dan Sekolah Menengah Pertama di Jepang, yang dianalisis melalui kajian dokumen pembelajaran pada tingkat Sekolah Menengah Pertama. Wijaya dkk., (2015), dalam penelitian buku teks menemukan bahwa hanya sekitar 10% dari tugas-tugas di buku teks sekolah adalah tugas berbasis konteks, dan hanya 2% dari tugas kontekstual yang juga tugas refleksi dan dianggap sebagai tuntutan tugas dengan tingkat kognitif tertinggi. Takeuchi dan Shinno (2020) melalui analisis buku teks menemukan bahwa konsep simetri dan transformasi di Jepang sangat dipengaruhi oleh pengajaran bukti geometris, sedangkan di Inggris konsep tersebut lebih terkait dengan berbagai konteks dan konten lintas domain. Temuan-temuan ini

menegaskan bahwa analisis buku teks penting tidak hanya untuk melihat bagaimana pembelajaran dikonstruksi, tetapi juga untuk mengidentifikasi kelemahan pada konten tertentu serta menghasilkan rekomendasi peningkatan mutu pembelajaran.

Dalam konteks Indonesia, perhatian terhadap konten pembelajaran dalam buku teks juga menjadi isu penting, terutama ketika terdapat materi yang terbukti sulit dikuasai siswa. Salah satu bidang yang masih dianggap lemah adalah geometri, yang telah menjadi fokus perhatian serius selama satu dekade terakhir. Menurut AL-salahat (2022), geometri merupakan salah satu bidang dasar pendidikan matematika sekolah yang perlu dipahami sejak dini untuk mendukung pemahaman konsep matematika yang lebih kompleks di jenjang berikutnya. Selain itu, geometri juga memberi dasar untuk mengembangkan penalaran dan justifikasi (NCTM, 2000) dan memberikan kesempatan untuk meningkatkan kemampuan kognitif, komunikasi dan pemahaman bahasa (Cawley dkk., 2009). Masalah utama yang dihadapi siswa Sekolah Menengah Pertama di Indonesia terkait konten geometri adalah pada materi pengukuran bangun ruang. Sebagai gambaran, dalam lima tahun terakhir rata-rata skor Ujian Nasional untuk materi pengukuran bangun ruang sisi lengkung hanya mencapai 44,42 dari rentang 0 sampai 100 (Gambar 1.1). Meskipun data hasil Ujian Nasional ini berada pada kurikulum yang berbeda dengan kurikulum sekarang ini, namun secara substansi materi yang ada pada soal ujian masih relevan sampai saat ini. Kondisi inilah yang mendasari pemilihan topik penelitian ini pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) di Indonesia, khususnya pada materi bangun ruang sisi lengkung.



Gambar 1.1. Grafik Nilai Ujian Nasional Materi Pengukuran Geometri Ruang Sisi Lengkung pada Jenjang Sekolah Menengah Pertama di Indonesia (Yunianta dkk., 2023)

Berdasarkan penelitian mengenai buku teks pada materi bangun ruang sisi lengkung dalam konteks di Indonesia, ditemukan bahwa ada tipe tugas dalam buku teks materi pengukuran bangun ruang sisi lengkung yang memiliki beban tipe tugas lebih mudah dikerjakan karena hanya mengaitkan satu konsep saja dan sudah dapat menyelesaikan tugas dan ada yang harus mengaitkan lebih dari satu konsep untuk menyelesaikan tugas yang diberikan (oleh Yunianta dkk, 2023). Di sini didefinisikan masing-masing tipe tugas ke dalam masing-masing level yang berbeda. Pemberian level pada masing-masing tipe tugas dimulai dari level 1 (tipe tugas paling sederhana) menuju ke level 2, ke level 3 dan seterusnya yang menunjukkan tingkatan yang lebih tinggi. Adapun level yang teridentifikasi hanya sampai level 3 dan penjelasannya adalah sebagai berikut ini. Pengkodean baru T₂-1 berarti ini termasuk tipe tugas T₂ Level 1 yang menandakan bahwa tipe tugas yang paling sederhana dan hanya mengkaitkan satu konsep atau satu langkah penyelesaian dalam menyelesaikan tugas tersebut. T₂-2 berarti ini termasuk tipe tugas T₂ pada Level 2, yang merupakan tipe tugas yang mengaitkan dua konsep atau memerlukan dua langkah penyelesaian dalam menuntaskan tugas tersebut. T₂-3 berarti ini termasuk tipe tugas T₂ Level 3 yang menyatakan bahwa tipe tugas yang

mengkaitkan tiga konsep atau tiga langkah penyelesain dalam menyelesaikan tugas tersebut. Distribusi beban tipe tugas dalam buku teks dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Beban Tipe Tugas dalam Buku Teks (Yunianta dkk., 2023)

	Level Tugas		
	Level 1 (T_{n-1})	Level 2 (T_{n-2})	Level 3 (T_{n-3})
T₁:	4 (27%)	11 (73%)	0
T₂:	1 (17%)	2 (33%)	3 (50%)
T₃:	2 (100%)	0	0
T₄:	6 (75%)	1 (25%)	1 (25%)
T₅:	2 (100%)	0	0
T₆:	3 (100%)	0	0
T₇:	4 (80%)	1 (20%)	0
T₈:	1 (50%)	1 (50%)	0
T₉:	7 (54%)	4 (31%)	2 (15%)
T₁₀:	0	0	1 (100%)
Total:	30 (53%)	20 (35%)	7 (12%)

Yunianta dkk (2023) menyatakan melalui analisis *praxeological-didactical* menemukan bahwa dalam buku teks matematika materi pengukuran bangun ruang sisi lengkung terindikasi *didactical obstacle* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2 dan di sini akan dibahas secara lebih detail. Pertama-tama, perlu dibahas bahwa kesalahan ini berasal dari *didactic origin* yang tercermin dalam strategi pengajaran pada buku teks, yaitu dengan memberikan tugas yang tampak berat bagi siswa. Tugas **T₁** berada pada level 2 (T_{1-2}), yang mengharuskan siswa mengaitkan dua konsep dalam penyelesaiannya, sedangkan **T₂** tergolong pada level 3 (T_{1-3}). Pengaturan pemberian tugas seperti itu sejak awal, sebagai bagian dari permasalahan kurikulum, dapat menyebabkan *ontogenic obstacle* yang memengaruhi kesiapan belajar siswa dalam pembelajaran (Prabowo dkk., 2022). Urutan materi dan tugas di awal yang susah dapat membuat siswa tidak tertarik serta bosan sehingga siswa merasa kesulitan seperti yang dikemukakan oleh (Lutfi dkk., 2021). Hambatan ini bersifat psikologis, instrumental dan konseptual sehingga dapat mempengaruhi motivasi dan ketertarikan siswa terhadap materi seperti yang diungkapkan Suryadi (2019a).

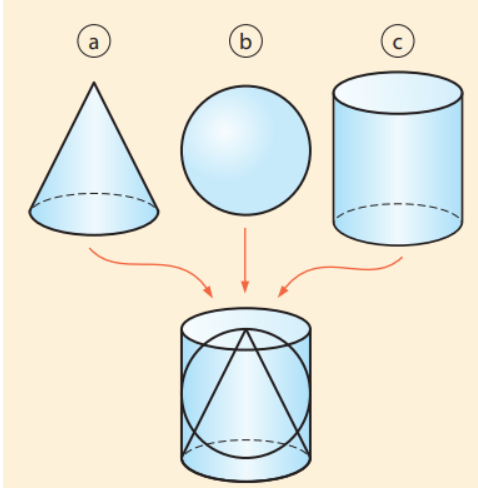
Diberikan tiga bangun ruang seperti ditunjukkan pada gambar di samping kanan.

a = Kerucut dengan alas berjari-jari 5 cm, dan tinggi 10 cm.

b = Bola berjari-jari 5 cm.

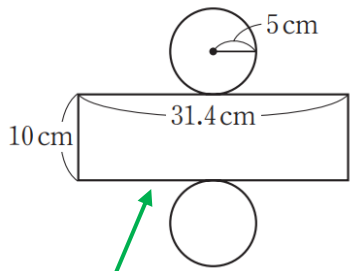
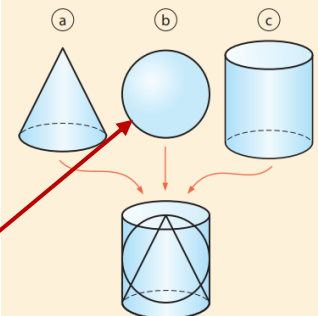
c = Tabung dengan alas berjari-jari 5 cm dan tinggi 10 cm

1. Luas seluruh permukaan b sama dengan luas permukaan selimut bola c . Tentukan luas permukaan b . Rasio keliling adalah 3,14.
2. Bangun ruang a dan b masuk ke dalam c seperti ditunjukkan pada gambar di atas. Tentukan perbandingan dari volume masing-masing benda pejal di atas.



Gambar 1.2. Tugas yang diberikan Pertama Kali dalam Buku Teks pada Materi Pengukuran Bangun Ruang (Yunianta dkk, 2023, hlm. 517)

Bagian kedua yang menjadi masalah di sini terkait Gambar 1.2 pada bagian yang diberi tanda garis warna biru yang menunjukkan bahwa c merupakan tabung tidak sama dengan penyebutan pada tugas T_1 di lingkaran warna merah yang menyatakan bahwa c adalah sebuah bola (Yunianta dkk, 2023). Hal ini diperparah oleh penjelasan pada jawaban soal yang tidak sesuai. Tugas yang diminta adalah menentukan luas permukaan bangun b , yaitu bola, namun jawaban dalam buku teks justru menjelaskan cara menghitung luas permukaan tabung. Lingkaran hijau pada Gambar 1.3 masih terkait dengan Gambar 1.2 merupakan bukti bahwa rumus yang digunakan dengan gambar yang disediakan adalah sebuah tabung dan rumus yang digunakan juga tidak tepat (Yunianta dkk., 2023). Jika jawaban yang diberikan tidak tepat dari tugas yang diberikan maka ini dapat berakibat kepada *epistemological obstacle*. Adanya kesalahan ketik symbol dan juga menuliskan jawaban dapat membuat guru yang mengajarkan juga salah dan demikian juga siswa juga dapat salah terkait konsep yang diperkenalkan. Hal ini dapat mengganggu pemahaman konsep matematika siswa dalam memahami matematika yang lebih kompleks (Suryadi, 2019b) dan ini dapat ditemukan kesalahan pada siswa yang cenderung mengikuti apa yang dicontohkan gurunya (Brousseau, 2002).

	
(1) Luas seluruh permukaan <i>b</i> = luas permukaan sisi u $= 10 \times (10 \times 3,14)$ $= 314 \text{ (cm}^2\text{)}$	(2) Volume <i>a</i> adalah $\frac{1}{3}$ volume <i>c</i> Volume <i>b</i> adalah $\frac{2}{3}$ volume <i>c</i> Maka, $a : b : c = 1 : 2 : 3$

Gambar 1.3. Jawaban dari Soal dengan Tipe Tugas T_1 dan T_2 sesuai Gambar 1.2
 (Yunianta dkk, 2023, hlm. 518)

Bagian ketiga adalah terkait dengan *didactic obstacles* yang ditimbulkan ketika strategi pengajaran yang digunakan kurang mendukung dalam tahapan-tahapan yang dimulai dari bagian mudah menuju sulit sesuai *learning trajectory* yang disediakan. Urutan dalam tipe tugas memperlihatkan bahwa siswa dapat merasa kesulitan dengan tugas dengan beban yang berat di awal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Masalah lain terkait kesulitan belajar geometri telah diungkapkan oleh Chaudhary (2019), yang menyebutkan bahwa terdapat beberapa permasalahan yang muncul yaitu: 1) siswa mengalami kesulitan dalam visualisasi dan analisis bentuk geometris; 2) siswa mengalami kesulitan dalam definisi, aksioma, postulat, pernyataan, dan teorema geometri; 3) kurangnya praktik kelas oleh siswa; 4) kurangnya pengetahuan prasyarat siswa tentang konsep geometri dasar; 5) kurangnya interaksi antara guru dan siswa, kurangnya motivasi di kelas; 6) kurangnya waktu yang cukup untuk belajar matematika. Permasalahan ini diperkuat dengan data observasi di salah satu Sekolah Menengah Pertama di Bandung yaitu terdapat masalah masalah pada poin ke 1, 2, 3, 4 dan 5. Ditambah lagi terlihat hanya

sedikit siswa yang benar-benar mengerjakan tugas guru dan cenderung mengerjakan aktivitas lain.

Kesulitan belajar geometri tersebut yang merupakan masalah personal siswa dapat menjadi masalah pengetahuan dan situasi didaktis (*learning obstacle*). Selain ditemukan ketiga jenis learning obstacle (LO) yang diuraikan sebelumnya pada buku teks yaitu *ontogenic*, *didactic* dan *epistemological obstacle*, ditemukan juga LO yang terjadi di kelas pada saat observasi penelitian lapangan di salah satu SMP di Bandung. Hambatan ontogenik di dalam kelas yang ditemukan adalah hambatan ontogenik psikologis terjadi ketika siswa tidak siap belajar karena faktor psikologis, seperti kurangnya motivasi atau minat terhadap materi pelajaran. Hambatan ontogenik instrumental terjadi ketika siswa tidak siap mengikuti pembelajaran karena kesulitan dalam mengingat kembali dan memahami materi prasyarat teknis yang kunci dalam proses pembelajaran. Sebagai contoh, dalam mempelajari materi luas permukaan kerucut, siswa kesulitan mengingat kembali materi sebelumnya yaitu lingkaran, busur, juring dan perbandingan antara mencari busur dan juring dalam suatu lingkaran. Di sisi lain, ketika siswa diberikan soal dengan tipe aplikasi yang berbeda konteks atau lebih dari itu, siswa cenderung kesulitan mengerjakan. Siswa merasa dia bisa mengerjakan soal yang sudah dicontohkan gurunya dan sudah dibahas. Kondisi ini dapat membuat siswa frustrasi karena tuntutan berpikir yang terlalu tinggi.

Dua hambatan lainnya yaitu hambatan didaktis dan epistemologis terjadi juga di kelas saat kegiatan observasi dan terdapat pada saat melakukan kajian pustaka. Hambatan didaktis terjadi ketika siswa mengalami kesulitan dalam visualisasi dan analisis bentuk geometris khususnya pada materi prasyarat dan pada saat siswa menyelesaikan tugas yang diberikan guru saat pembelajaran. Hambatan didaktis juga terjadi ketika waktu pembelajaran dirasa kurang cukup untuk siswa belajar matematika. Ini dikarenakan adanya kegiatan sekolah yang membuat guru tidak bisa hadir saat pembelajaran, atau dikarenakan guru ada kegiatan sehingga guru hanya membagikan materi ajar kepada siswa, sehingga ada siswa merasa belum paham dengan materi pembelajaran yang diberikan oleh guru. Hambatan epistemologis ini juga muncul sebagai kelanjutan dari permasalahan sebelumnya,

yaitu ketika siswa mengalami kesulitan belajar akibat keterbatasan pemahaman terhadap konteks. Hal ini terjadi karena guru tidak dapat memasuki kelas, atau meskipun guru hadir, waktu yang tersedia tidak mencukupi akibat terpotong oleh aktivitas lain. Siswa hanya memahami suatu konsep dalam konteks tertentu saja atau ada yang belum sampai benar-benar memahami, sehingga mereka kesulitan mengaplikasikan konsep tersebut dalam konteks yang berbeda. Jadi untuk mengatasi kesulitan ini bisa dengan cara memfasilitasi siswa berinteraksi secara konsisten dengan objek pengetahuan dalam hal ini materi bangun ruang sisi lengkung.

Ada temuan masalah lainnya pada saat guru mengajar dengan menggunakan teknologi. Di sisi lain sebenarnya teknologi dapat digunakan sebagai salah satu upaya memudahkan siswa belajar matematika. Usaha guru ini dilakukan untuk membantu siswa mengatasi masalah visualisasi dan analisis bentuk geometris serta memperkuat interaksi antara guru dan siswa agar siswa dapat termotivasi dalam belajar matematika yaitu guru menggunakan teknologi *smartboard* dipadukan dengan PPT dan lembar kerja siswa. Akan tetapi guru mengalami kendala dalam mengoperasikan *smartboard* sehingga waktu pembelajaran cukup sering terpotong bisa dari 10 menit dan terkadang secara keseluruhan bisa sampai 30 menit untuk melakukan koneksi internet ke dalam *smartboard* sehingga ini menyita waktu dalam pembelajaran. Inilah yang menjadi alasan waktu guru hanya tinggal sedikit ketika pembelajaran sehingga banyak tugas yang belum dibahas atau dikonfirmasi oleh guru secara langsung di kelas.

Solusi yang ditawarkan dapat berupa sebuah upaya guru untuk menarik minat dan motivasi siswa dalam pembelajaran (Miftah, 2013). Hal ini dapat diwujudkan dengan cara mengintegrasikan desain didaktis dengan teknologi. Integrasi teknologi dalam pembelajaran ini diharapkan dapat memberikan solusi dari *learning obstacle* yang muncul. Integrasi teknologi dalam pembelajaran dilakukan dengan banyak alternatif. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menggunakan media pembelajaran (Sulistiyawati dkk., 2019). Sejalan dengan hal tersebut, guru yang sukses dalam pembelajaran adalah guru yang menyampaikan materi dengan memanfaatkan media pembelajaran (Mastur dkk., 2020). Media

pembelajaran merupakan salah satu alat bantu yang digunakan guru untuk mempermudah penyampaian materi pembelajaran (Dwijayani, 2019; Irawati & Setyadi, 2021). Pemanfaatan media pembelajaran sangat penting karena dengan media pembelajaran guru dapat dengan mudah memanipulasi materi yang abstrak, sehingga siswa dapat lebih mudah dalam memahami materi pelajaran (Fajriani & Hidayat, 2021). Selain itu, penggunaan media pada proses pembelajaran juga dapat digunakan sebagai stimulus untuk memudahkan dan meningkatkan keserasian siswa dalam menerima materi (Misbahudin dkk., 2018). Penggunaan media pembelajaran juga perlu bagi guru karena dapat membantu guru dalam menyampikan materi pembelajaran menjadi menarik, sehingga dapat meningkatkan minat dan motivasi siswa dalam pembelajaran (Nurrita, 2018).

Mobile learning juga dapat digunakan sebagai pilihan yang realistis untuk digunakan dalam era teknologi saat ini. Warsita (2011) mengatakan bahwa pembelajaran bergerak adalah model pembelajaran yang memanfaatkan teknologi dan informasi. Pembelajaran bergerak didefinisikan oleh Kearney dkk. (2012) sebagai pembelajaran yang dimediasi oleh perangkat mobile. Pembelajaran bergerak disingkat dalam literatur sebagai *M-learning* atau *mlearning*, yang mewakili jenis pembelajaran apa pun yang terjadi ketika pembelajar tidak berada di lokasi tetap yang telah ditentukan, atau pembelajaran yang terjadi ketika pembelajar memanfaatkan peluang pembelajaran yang ditawarkan menggunakan teknologi sehingga pembelajaran dapat berlangsung dengan fleksibel (Vinu dkk., 2011). Drigas dan Pappas (2015) menyatakan bahwa aplikasi pembelajaran bergerak memotivasi siswa, membuat pelajaran matematika lebih menyenangkan dan interaktif daripada praktik pengajaran biasa. Berdasarkan hal tersebut, semua media teknologi dapat menjadi pilihan dalam menyusun desain didaktis dengan cara melakukan integrasi bukan dengan berbantuan atau berbasis teknologi saja.

Integrasi teknologi dalam sistem pendidikan publik menjadi faktor penting ketika sekolah ingin berhasil menarik partisipasi siswa di era digital (Keengwe dkk., 2012). Integrasi teknologi ini diharapkan mampu mengatasi berbagai permasalahan yang teridentifikasi melalui analisis buku teks, kajian literatur terkait kesulitan dalam pembelajaran geometri, serta hasil observasi terhadap proses pembelajaran

di kelas. Teknologi dalam konteks ini digunakan sebagai sarana untuk memperkuat *extended cognition* siswa, dengan peran utama dalam memperluas kapasitas kognitif mereka. Clark dkk. (2012) menyatakan bahwa *extended cognition* (kognisi yang diperluas) telah memberikan pengaruh besar dalam bidang filsafat pikiran, ilmu kognitif, linguistik, informatika, dan etika. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa konsep *extended cognition* tidak hanya merevolusi cara pandang terhadap proses berpikir manusia, tetapi juga mendorong lahirnya pendekatan interdisipliner dalam memahami peran lingkungan, alat, dan teknologi sebagai bagian integral dari aktivitas kognitif di berbagai bidang ilmu.

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan sebagian besar penelitian sebelumnya yang hanya memanfaatkan teknologi sebagai media bantu pembelajaran. Sebagai contohnya adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Hakim dan Dalle (2017) yang mengembangkan media pembelajaran *Aurora 3D Presentation* dalam pembelajaran bangun ruang sisi lengkung dan Farida dkk.(2018) yang mengembangkan bahan ajar gamifikasi dalam bangun ruang sisi lengkung. Selain itu ada pembelajaran yang berbasis penggunaan teknologi pada pembelajaran bangun ruang sisi lengkung yaitu penelitian oleh Fahmi dan Noviani (2021) dengan menggunakan *Augmented Reality*, dan yang telah dilakukan oleh Inayah dkk. (2021) dengan mengembangkan media pembelajaran berbasis video menggunakan *platform Powtoon*. Beberapa penelitian tersebut berbeda dengan integrasi teknologi yang digunakan dalam penelitian ini. Namun, terdapat kajian yang relevan, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Putrawangsa dan Hasanah (2018) yang membahas integrasi teknologi digital dalam pembelajaran di era industri 4.0.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, penting untuk merancang desain didaktis materi bangun ruang sisi lengkung yang terintegrasi dengan teknologi, khususnya untuk mendukung *extended cognition* siswa. Pritchard (2018) menyatakan bahwa teknologi dapat membantu individu dalam memperluas kapasitas kognitifnya. Pandangan ini menjadi salah satu dasar pemikiran dalam penelitian ini yang bertujuan untuk memberikan justifikasi terhadap peran teknologi dalam mendukung proses kognitif siswa. Harapannya, desain didaktis materi

bangun ruang yang mengintegrasikan teknologi ini dapat mendukung *extended cognition* siswa, dengan aspek kognisi yang dimaksud mengacu pada *mathematical cognition*. Atas dasar tersebut, penelitian desain didaktis materi bangun ruang sisi lengkung ini difokuskan pada jenjang Sekolah Menengah Pertama.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penyusunan desain didaktis pada tahap analisis retrospektif dalam kerangka *Didactical Design Research (DDR)* dengan menggunakan pendekatan analisis baru, yaitu *praxeological-didactical analysis*. Pendekatan ini menggabungkan analisis *praxeology* dan analisis didaktis, yang dijumpai oleh teori taksonomi Bloom yang telah direvisi untuk mengaitkan aspek tugas, teknik, teknologi, dan teori dengan proses kognitif siswa. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dengan menempatkan teknologi bukan sekadar sebagai media bantu, melainkan sebagai bagian integral dalam memperluas kapasitas *extended mathematical cognition* siswa dalam memahami konsep bangun ruang sisi lengkung.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Ada beberapa rumusan masalah penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, antara lain:

- 1.2.1. Bagaimana hasil analisis transposisi didaktik internal pada materi bangun ruang sisi lengkung?
- 1.2.2. Apa saja *learning obstacle* yang dialami oleh siswa Sekolah Menengah Pertama pada materi bangun ruang sisi lengkung?
- 1.2.3. Bagaimana susunan *Hypothetical Learning Trajectory (HLT)* dengan antisipasi didaktis-pedagogis pada materi bangun ruang sisi lengkung?
- 1.2.4. Bagaimana desain didaktis hipotetik pada materi bangun ruang sisi lengkung yang terintegrasi teknologi untuk *extended cognition* siswa?
- 1.2.5. Bagaimana hasil implementasi desain didaktis hipotetik (desain didaktis materi bangun ruang sisi lengkung: integrasi teknologi untuk *extended cognition* siswa)?
- 1.2.6. Bagaimana desain didaktis empiris materi bangun ruang sisi lengkung dengan mengintegrasikan teknologi untuk *extended cognition* siswa yang

sistemik dan epistemik?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain didaktis alternatif materi bangun ruang sisi lengkung dengan mengintegrasikan teknologi untuk memberikan pengalaman *extended cognition* siswa di Sekolah Menengah Pertama. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh gambaran secara komprehensif tentang desain didaktis dengan mengintegrasikan teknologi ditinjau dari hambatan belajar, *hypothetical learning trajectory* dan antisipasi didaktis dan pedagogis yang dibuat berdasarkan teori situasi didaktis dan karakteristik siswa yang berorientasi pada kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Desain didaktis alternatif ini juga menggunakan *praxeological-didactical analysis* sebagai bagian dari analisis prospektif sebagai upaya menjustifikasi desain didaktis yang sistemik dan epistemik.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoretis dan Konseptual

Penelitian ini menghasilkan pendekatan analisis baru terhadap desain didaktis atau materi ajar yang digunakan oleh guru, khususnya dalam pembelajaran matematika pada materi bangun ruang sisi lengkung. Pendekatan ini disebut Praxeological Didactical Analysis (PDA), yang menggabungkan teori praxeology yang mencakup tipe tugas, teknik, teknologi, dan teori dengan sudut pandang didaktis untuk menganalisis potensi learning obstacle yang muncul dari struktur pengetahuan yang diajarkan maupun dari urutan penyajian materi. PDA menekankan bahwa urutan komposisi tugas, khususnya dari tingkat kesulitan level 2 ke level 3, berpengaruh terhadap kesiapan dan minat belajar siswa. Selain itu, pendekatan ini melibatkan penggunaan taksonomi Bloom yang telah direvisi untuk menghubungkan struktur tugas dengan tahapan proses kognitif siswa secara lebih sistematis, sehingga memperkuat dasar analisis terhadap tuntutan kognitif dalam setiap aktivitas belajar. Melalui pendekatan ini, dapat diprediksi hambatan belajar seperti hambatan

ontogenik yang mencakup aspek psikologis, instrumental, dan konseptual, serta hambatan didaktis dan epistemologis.

1.4.2. Manfaat Metodologis

Manfaat metodologis dari penelitian ini terletak pada pengembangan dan penerapan pendekatan *praxeological didactical analysis* (PDA) sebagai metodologi kualitatif yang holistik dan berlapis. Pertama, PDA mengintegrasikan dua pendekatan analisis yaitu analisis prakseologis dan didaktis untuk menggali kedalaman struktur tugas, mengidentifikasi hambatan belajar yang mungkin muncul, serta memastikan koherensi epistemik dan sistemik dalam desain pembelajaran. Kedua, penelitian ini menerapkan strategi validasi metodologis yang ketat seperti analisis antar penilai, triangulasi teoretis, dan diskusi kelompok terfokus atau *Focus Group Discussion* (FGD), yang secara kolektif meningkatkan objektivitas, konsistensi, dan kredibilitas hasil penelitian. Ketiga, penggunaan perangkat analisis yang sistematis seperti tabel prakseologis, lembar kode, dan kerangka taksonomi kognitif menunjukkan kontribusi metodologis dalam bentuk instrumen analisis yang dapat direplikasi dan diterapkan pada berbagai konteks dan jenjang pendidikan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat kerangka konseptual PDA tetapi juga memperkaya pendekatan metodologi dalam penelitian pendidikan matematika melalui rancangan analisis yang dapat diuji, diperluas, dan dimanfaatkan dalam pengembangan kurikulum dan desain pembelajaran.

1.4.3. Manfaat Kebijakan

Manfaat kebijakan dari penelitian ini berkaitan erat dengan kontribusinya dalam memperkuat praktik penyusunan desain didaktis yang berbasis analisis sistematis. Desain didaktis pada materi bangun ruang sisi lengkung dalam penelitian ini disusun menggunakan pendekatan *Praxeological-Didactical Analysis* (PDA), yang merupakan bagian integral dari analisis prospektif dan memungkinkan perancangan lintasan belajar secara epistemik dan sistemik. Dengan demikian, temuan penelitian ini dapat menjadi dasar kebijakan dalam pengembangan perangkat ajar yang tidak

hanya berfokus pada konten, tetapi juga mempertimbangkan struktur kognitif siswa dan potensi hambatan belajar yang mungkin muncul. PDA mendukung penataan materi ajar yang lebih terstruktur dan sistematis dengan menghubungkan tujuan pembelajaran, tipe tugas, level kesulitan tugas, proses kognitif, dan strategi pemecahan masalah secara eksplisit dan terstruktur. Oleh karena itu, bagi pembuat kebijakan, pendidik, dan pengembang kurikulum, hasil penelitian ini memberikan arahan konkret tentang pentingnya menyusun kebijakan yang mendorong pengembangan desain didaktis dengan pendekatan PDA, guna menciptakan ekosistem pembelajaran yang adaptif, kohesif, dan berkelanjutan, tidak hanya dalam matematika, tetapi juga diharapkan dapat diadaptasi untuk bidang studi lainnya.

1.4.4. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis yang signifikan bagi guru dan pelaku pendidikan di tingkat kelas. Desain didaktis pada materi bangun ruang sisi lengkung yang terintegrasi teknologi disusun menggunakan PDA dan teori lain yang mendukung pada saat tahap analisis prospektif sehingga menghasilkan lintasan belajar yang sistematis, epistemik, dan kontekstual, sehingga dapat langsung diterapkan dalam proses pembelajaran materi bangun ruang sisi lengkung. Penyusunan perangkat pembelajaran seperti e modul, lembar kerja peserta didik (LKPD), alat peraga konkret, serta pemanfaatan teknologi seperti penggunaan aplikasi Geogebra, video pembelajaran, presentasi *Power Point* dan jenis teknologi lainnya membantu guru dalam menyampaikan materi secara lebih terstruktur dan representatif khususnya pada penyajian pembelajaran geometri. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran di kelas secara langsung.

1.4.5. Manfaat Sosial/Empiris

Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran secara detail mengenai LO pada materi bangun ruang sisi lengkung pada jenjang SMP. Salah satu hasil yang diperoleh adalah gambaran LO yang komprehensif

yang terjadi berdasarkan transposisi didaktis internal oleh guru di kelas. Kemudian dari gambaran LO tersebut dihasilkan sebuah solusi hipotesis yang dapat digunakan untuk mengurangi potensi LO yang muncul yaitu tersusunnya HLT dan desain didaktis hipotetik berdasarkan LO yang teridentifikasi. Selanjutnya diberikan justifikasi desain didaktis yang dihasilkan agar dapat menjadi desain didaktis empiris bagi guru matematika yang mengajar pada materi bangun ruang sisi lengkung. Penelitian ini juga diharapkan dapat mendorong terciptanya inovasi baru dalam membuat desain didaktis yang di dalamnya ada integrasi teknologi di dalam elektronik modul ajar matematika Hal ini bertujuan agar difusi pengetahuan mengenai konsep bangun ruang sisi lengkung dapat diakuisisi dengan baik oleh siswa.