

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Geometri merupakan salah satu bidang matematika tertua (Mammarella *et al.*, 2017) dan mempunyai kedudukan penting di kurikulum pendidikan matematika sekolah (Herbst *et al.*, 2017; Marchis, 2012; Serin, 2018) karena geometri memiliki sejarah panjang dalam membangun transmisi peradaban manusia (Herbst *et al.*, 2017). Banyak bentuk bangunan dari peninggalan peradaban manusia yang berbentuk geometri, misalnya bentuk piramida di Mesir, yang saat ini masih berdiri kokoh. Piramida tidak berdiri kokoh dengan sendirinya, tetapi para ahli matematika bangsa Mesir melakukan perhitungan-perhitungan dengan tepat, sehingga menghasilkan bentuk yang menarik secara visual dan estetika. Selain itu, karakteristik dari bentuk geometri yang menarik secara visual dan estetika (Jones, 2002) menjadi inspirasi peradaban manusia untuk menghasilkan bentuk bangunan bersejarah lainnya (Herbst *et al.*, 2017; Marchis, 2012; Serin, 2018). Karakteristik dari bentuk geometri membuat geometri dianggap sebagai jembatan antara dunia sains dan matematika (Clements & Sarama, 2011).

Terkait dengan pembelajaran geometri di sekolah, Sinclair & Bruce (2015) menjelaskan bahwa hampir setiap negara mendasarkan kurikulum geometri pada kajian geometri Euclid. Kajian geometri Euclid berkaitan dengan konsep titik, panjang, lebar, ukuran, bentuk, posisi, sifat-sifat objek geometri, ruang, luas, volume, dan transformasi objek spasial (Clements, 1998; Crompton *et al.*, 2018; Mammarella *et al.*, 2017). Selain itu, *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 2000), membagi kurikulum geometri di sekolah menjadi 2 (dua) yaitu geometri dua dimensi (2D) dan geometri tiga dimensi (3D). Geometri 2D berkaitan dengan konsep bidang datar atau berbentuk dua dimensi yang memiliki panjang dan lebar (Rovetto, 2011), sedangkan kajian geometri 3D berkaitan dengan bentuk benda-benda yang memiliki panjang, lebar dan tinggi (Rovetto, 2011), seperti kubus, bola, tabung, dan kerucut

(Koester, 2003) serta menggambarkan sifat-sifat dari bentuk-bentuk tersebut (Koester, 2003).

Selanjutnya, Jones (2002) menjelaskan bahwa tujuan mempelajari geometri tidak hanya mampu memahami konsep-konsep, sifat-sifat, dan teorema-teorema akan tetapi mampu mengembangkan kesadaran spasial, intuisi geometris, kemampuan visualisasi, pemecahan masalah, estimasi, penalaran deduktif, argumen logis, dan bukti geometri. Belajar geometri juga dapat membantu siswa dalam mengklasifikasikan, merepresentasikan, menginterpretasikan objek-objek geometri 3D di sekitar tempat tinggal, dan sebagai alat yang dapat diterapkan di bidang matematika lainnya (Clements, 1998; Özerem, 2012; Roth & Thom, 2009). Herbst *et al.* (2017) menganggap bahwa dengan mempelajari geometri akan membantu siswa dalam mengembangkan kapasitasnya dalam mengatur, memprediksi, dan mengendalikan dunia representasi benda-benda fisik serta pengalaman. Oleh sebab itu, menjadi wajar geometri dipelajari di semua jenjang sekolah mulai dari tingkat dasar (SD) dan menengah (SMP, SMA) (Marchis, 2012; Yanik, 2011).

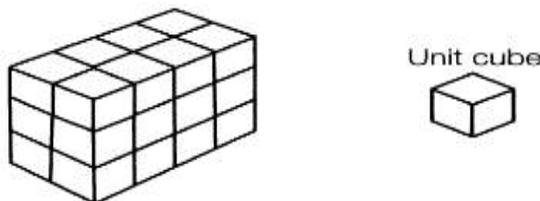
Urian terkait dengan pentingnya mempelajari geometri menegaskan bahwa geometri merupakan konsep penting untuk diajarkan di sekolah, namun mempelajari dan mengajarkan geometri, khususnya geometri 3D bukan sesuatu yang mudah. Jika dilihat dari hasil penelitian-penelitian internasional terungkap bahwa banyak kendala dalam mengajarkan dan mempelajari geometri 3D di sekolah. Kendala pertama terkait dengan proses representasi dari “melihat gambar geometri 3D” ke proses “mengetahui sifat-sifat objek geometri” (Parzysz, 1988). Ketika “melihat” gambar 3D, siswa cenderung menganggap sifat-sifat gambar sebagai sifat-sifat objek geometri 3D itu sendiri (Parzysz, 1988). Pittalis & Christou (2013) merumuskan bahwa kendala tersebut terjadi pada proses *coding* dan *decoding*. *Decoding* mengacu pada penafsiran unsur-unsur struktural dan sifat-sifat geometris dari bentuk 3D dalam representasi bentuk 2D, sedangkan *coding* mengacu pada konstruksi representasi bidang dan jaring-jaring ke bentuk 3D, serta terkait dengan menerjemahkan dari satu mode representasi ke mode representasi lainnya (Pittalis & Christou, 2013).

Selain itu, Cohen & Ben Gurion (2003) dalam penelitiannya mengidentifikasi lima jenis kesalahan siswa dalam mengkonstruksi jaring-jaring dari mode representasi 2D ke 3D. Kesalahan pertama yaitu *confusion between the perspective view of the solid and its net* (Cohen & Ben Gurion, 2003). Tipe kesalahan ini disebabkan karena siswa mengalami kebingungan dalam memvisualkan bentuk geometri 3D dari berbagai sudut pandang ke kontruksi jaring-jaringnya (mode representasi 2D). Kesalahan kedua yaitu *joining the disc and the lateral surface along a line* (Cohen & Ben Gurion, 2003). Tipe kesalahan ini terkait dengan kesalahan dalam menyusun jaring-jaring dari berbagai tipe rusuk bidang 2D yang telah ditentukan sebelumnya. Siswa memiliki kecenderungan untuk menggabungkan bagian yang berbentuk bidang 2D ke rusuk permukaan yang dibuat sepanjang garis, dan tidak hanya pada satu titik. Kesalahan ketiga yaitu *wrong form of the edge to be joined* (Cohen & Ben Gurion, 2003). Tipe kesalahan ini karena siswa salah dalam menggabungkan rusuk-rusuk dari bidang yang dibentuknya. Seperti pada jaring-jaring kerucut, bagian alas yang berbentuk lingkaran harus sesuai dengan permukaan selimut kerucutnya. Kesalahan keempat yaitu *wrong placement of the parts* (Cohen & Ben Gurion, 2003). Kesalahan ini berkaitan dengan kegagalan siswa dalam membayangkan bagian-bagian jaring-jaring harus dihubungkan satu sama lain. Kesalahan kelima yaitu *Other mistakes* (Cohen & Ben Gurion, 2003). Tipe kesalahan ini terjadi karena siswa tidak memiliki ide dalam mengkontruksi jaring-jaringnya. Kelima tipe kesalahan siswa tersebut muncul dikarenakan proses konstruksi jaring-jaring membutuhkan kemampuan siswa dalam mentransformasi objek 3D ke jaring-jaring 2D dengan memfokuskan pada bagian-bagian dari unsur-unsur objek dalam kedua mode representasi (Pittalis *et al.*, 2010) serta membutuhkan kemampuan dalam memanipulasi gambar tersebut (Cohen & Ben Gurion, 2003).

Kendala selanjutnya terkait dengan permasalahan menghitung banyaknya kubus satuan (Gambar 1.1). Kendala tersebut diduga disebabkan karena siswa tidak mampu untuk mengkoordinasikan banyak ruas garis pada balok tersebut dan mengintegrasikannya untuk membangun satu model mental yang koheren dari ruas garis tersebut (Battista & Clements, 1996).

Sudirman, 2022

Desain 6E *Instructional Model Terintegrasi Augmented Reality* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Geometri 3D Ditinjau dari *Geometry Self-Efficacy* Siswa SMP
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 1.1. Permasalahan menghitung susunan kubus 3D

Permasalahan menghitung banyaknya kubus satuan telah diteliti oleh Ben-Haim *et al.* (1985) dengan memberikan dua gambar tipe isometrik dan horizontal (Gambar 1.2), melalui pertanyaan “Berapa banyak kubus yang diperlukan untuk membangun sebuah persegi panjang tertentu?” (Ben-Haim *et al.*, 1985).



Gambar 1.2. Tipe gambar isometrik dengan Balok

Hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa representasi dari cara menggambar bentuk 3D menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan gambar tipe isometrik dan tidak mampu menghitung kubus yang tersembunyi (Ben-Haim *et al.*, 1985). Lebih jauh lagi, hal itu membuat siswa tidak dapat menentukan banyaknya kubus satuan untuk menutupi balok dan mengakibatkan siswa tidak mampu menentukan volume balok tersebut.

Terkait dengan kendala dalam melakukan pengukuran luas permukaan dan volume dari geometri 3D, terdapat miskonsepsi yang terjadi pada saat siswa melakukan pengukuran panjang, luas permukaan, dan volume geometri 3D (Battista, 2004; Huang & Wu, 2019; Özerem, 2012; Tan-sisman & Aksu, 2016). Menurut Özerem (2012) secara garis besar miskonsepsi dalam melakukan pengukuran luas dan volume disebabkan karena latar belakang pengetahuan awal siswa, kurangnya kemampuan siswa melakukan penalaran, dan kesalahan operasi dasar dalam melakukan pengukuran

geometri. Lebih spesifik, Huang & Witz (2012) menjelaskan bahwa untuk dapat melakukan pengukuran luas permukaan dibutuhkan pemahaman tentang konsep luas dan rumus luas persegi panjang, konsep operasi perkalian, serta pengetahuan strategis siswa untuk menyelesaikan masalah pengukuran luas. Selanjutnya, dalam menghitung volume siswa membutuhkan kemampuan pemahaman spasial (Tan-sisman & Aksu, 2016). Battista (2004) memberikan perincian tentang serangkaian level untuk dapat melakukan pengukuran luas dan volume yaitu (a) dimulai dengan penalaran informal dan pra-struktural, (b) diakhiri dengan konsep matematika formal yang ditargetkan dalam tujuan pembelajaran, dan (c) menunjukkan “*cognitive plateaus* (puncak kognitif)” yang dicapai oleh siswa lain dari situasi yang berbeda (a) ke (b). Serangkaian level tersebut menjelaskan untuk menentukan luas permukaan dan volume geometri 3D, siswa harus memulainya dengan mengintegrasikan penalaran dasar yang sudah dimilikinya ke konsep formal.

Berdasarkan permasalahan terkait dengan kesulitan siswa pada materi geometri 3D disimpulkan bahwa terdapat tiga aspek penting dalam memahami konsep geometri 3D yaitu aspek representasi, struktur spasial, dan pengukuran. Aspek representasi terkait dengan kendala dalam mengidentifikasi unsur-unsur dan sifat-sifat dari objek geometri 3D serta menggambar jaring-jaring geometri 3D. Aspek struktur spasial terkait dengan kendala dalam memvisualkan struktur rusuk satuan pada kubus satuan. Aspek pengukuran terkait dengan kendala siswa dalam menentukan luas permukaan dan volume geometri 3D.

Selanjutnya, terkait dengan permasalahan memahami geometri 3D di Indonesia, berdasarkan analisis terhadap distribusi penyebaran kompetensi dasar (KD) mata pelajaran matematika pada jenjang satuan pendidikan SD materi geometri mendapatkan porsi (35%), statistika dasar (10%), dan bilangan (55%) (Sudirman & Martadiputra, 2020), sedangkan pada jenjang SMP, materi geometri mendapatkan porsi (33,33%), aljabar (33,33%), statistika dan peluang (13,33%), dan bilangan (20%) (Sudirman & Martadiputra, 2020). Fakta tersebut, menegaskan bahwa kompetensi dasar materi geometri mendapat porsi yang cukup besar, namun merujuk pada laporan

Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) masih ada ketidakpuasan dengan pencapaian penguasaan konsep geometri khususnya geometri 3D. Hal tersebut bisa dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

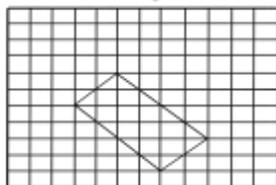
Tabel 1.1
Pencapaian Rata-Rata Matematika dan Geometri dalam TIMSS

Tahun	Rata-rata TIMSS		Deskripsi Domain Geometri
	Matematika	Geometri	
2007	397	395	Menggambar persegi panjang dengan dua sisi yang berdekatan.
2011	386	377	Menentukan jumlah kubus dalam tumpukan dengan beberapa tersembunyi.
2015	397	394	Mengidentifikasi volume terbesar dari empat prisma persegi panjang yang direpresentasikan secara bergambar.

Sumber: Mullis *et al.* (2008); Mullis *et al.* (2011); Mullis *et al.* (2015)

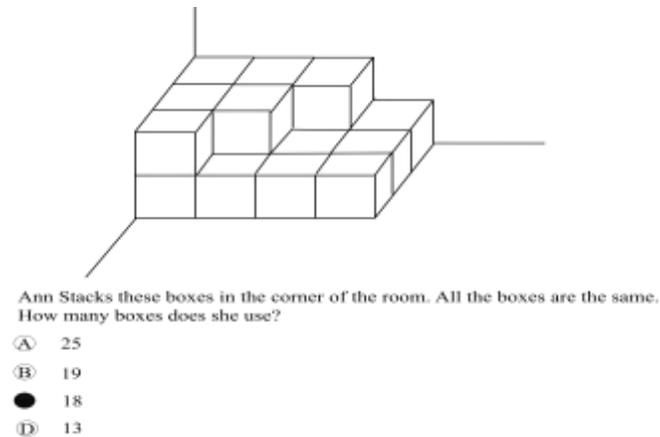
Tabel 1.1 terkait estimasi rataan pencapaian penguasaan konsep matematika dan geometri siswa Indonesia berdasarkan rentang nilai dari 0 sampai 1000. Domain geometri pada tahun 2007, berkaitan dengan menggambar persegi panjang dengan dua sisi yang berdekatan. Soal tes tersebut terlihat pada Gambar 1.3, yang mengungkapkan bahwa skor pencapaian geometri siswa Indonesia adalah 395 di bawah skor rata-rata sebesar 500. Hasil pencapaian geometri siswa menegaskan adanya masalah kemampuan siswa Indonesia dalam merepresentasikan objek geometri 2D.

Here are two sides of a rectangle. Draw the other two sides



Gambar 1.3. Soal tes domain Geometri tahun 2007 (Mullis *et al.*, 2008)

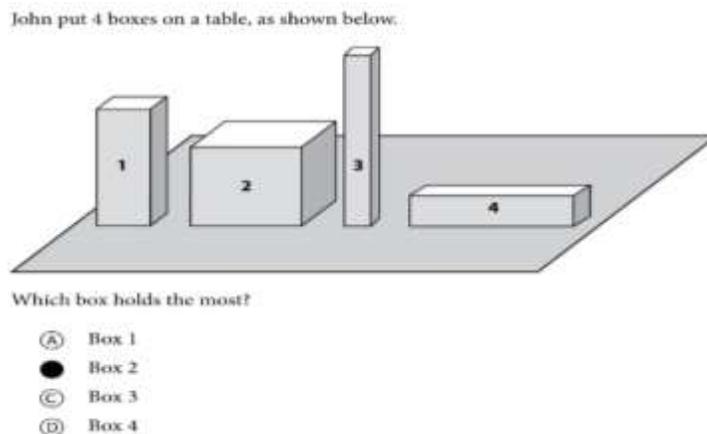
Selanjutnya, domain geometri pada tahun 2011 yang diujikan berkaitan dengan menentukan banyaknya kubus satuan dalam tumpukan yang tersembunyi (lihat Gambar 1.4). Hasil temuan pada domain geometri mengungkap bahwa rata-rata skor pencapaian siswa Indonesia yaitu 377 di bawah skor rata-rata sebesar 500.



Gambar 1.4. Soal tes domain geometri tahun 2011 (Mullis *et al.*, 2011)

Apabila dianalisis soal tersebut berkaitan dengan konsep visualisasi struktur rusuk pada kubus satuan. Cara untuk menentukan banyaknya kubus satuan yaitu dengan memperhatikan banyaknya rusuk satuan pada kubus satuan yang merepresentasi panjang, lebar dan tinggi.

Selanjutnya, indikator domain geometri pada tahun 2015 berkaitan dengan membandingkan volume terbesar dari empat buah prisma (lihat Gambar 1.5). Rataan skor pencapaian geometri siswa Indonesia yakni 394 masih di bawah skor rata-rata sebesar 500. Apabila dianalisis, kunci dalam menyelesaikan soal tersebut adalah siswa harus memiliki *sense of geometry*, seperti hukum perbandingan volume.



Gambar 1.5. Soal tes domain geometri tahun 2015 (Mullis *et al.*, 2015)

Hasil penelitian internasional terkait kendala dalam mengajarkan dan memahami geometri dan hasil dari TIMSS pada domain geometri, berhubungan dengan hasil studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di salah satu sekolah menengah pertama negeri di Kabupaten Indramayu, Jawa barat, Indonesia. Berdasarkan pencapaian rata-rata nilai mata pelajaran matematika khususnya pada domain geometri dan pengukuran pada ujian nasional belum sesuai yang diharapkan oleh berbagai pihak. Hal tersebut dapat dilihat dari Tabel 1.2.

Tabel 1.2
Pencapaian Nilai Matematika dan Geometri

No	Tahun	Persentase Pencapaian (%)	
		Matematika	Geometri dan Pengukuran
1	2017	52,51	45,30
2	2018	50,21	46,10
3	2019	59,08	50,59

Sumber: Laporan Hasil UN (<https://hasilun.puspendik.kemdikbud.go.id>)

Tabel 1.2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai matematika pada ujian nasional selama tiga tahun terakhir dari sekolah SMP sebagai lokasi dalam penelitian ini masih dalam kategori rendah. Pada materi geometri dan pengukuran, yang menjadi fokus

perhatian peneliti, memperlihatkan bahwa persentasi penguasaan geometri dan pengukuran masih di bawah rata-rata mata pelajaran matematika secara keseluruhan. Pencapaian tersebut mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kendala dalam memahami geometri, khususnya geometri 3D.

Selain itu, berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti dengan memfokuskan kepada pengetahuan geometri 3D siswa dengan jumlah 6 butir soal. Ada 36 siswa kelas VIII, yang telah menerima materi geometri bidang dan geometri bangun ruang sisi datar, berpartisipasi secara sukarela untuk mengerjakan soal tersebut. Kriteria tes berkaitan dengan (1) mengidentifikasi unsur-unsur dan sifat-sifat bangun ruang sisi datar; (2) mengkonstruksi jaring-jaring dari bangun ruang yang ditentukan; (3) menggambar bagian geometri 2D yang dibentuk dari geometri 3D; (4) menentukan banyaknya kubus dari bangun geometri yang telah ditentukan; (5) menghitung luas permukaan dan volume bangun ruang sisi datar; (6) membandingkan volume bangun ruang sisi datar berdasarkan sifat-sifatnya. Hasil analisis terhadap jawaban siswa dapat ditunjukkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3

Presentase (%) Jawaban Siswa

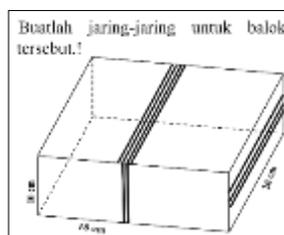
No. Soal	Indikator Soal	Proporsi Benar	Proporsi Salah
1	Mengidentifikasi unsur-unsur dan sifat-sifat bangun ruang sisi datar.	11,11	88,89
2	Mengkonstruksi jaring-jaring dari bangun ruang yang ditentukan.	8,33	91,67
3	Menggambar bagian geometri 2D yang dibentuk dari geometri 3D.	16,67	84,33
4	Menentukan banyaknya kubus dari bangun geometri yang ditentukan.	13,89	86,11
5	Menghitung luas permukaan dan volume banun ruang sisi datar.	22,22	77,78
6	Membandingkan volume bangun ruang sisi datar berdasarkan sifat-sifatnya.	19,44	80,64

Pada Tabel 1.3 terkait persentase jawaban siswa terlihat hanya sebagian kecil siswa mampu menjawab soal dengan benar. Untuk soal nomor 1, hanya 4 dari 36 siswa atau 11,11% siswa yang mampu menjawab dengan benar dan sisanya, sebanyak 32 siswa atau 88,99% menjawab dengan tidak benar. Untuk soal nomor 2, hanya 3 dari 36 siswa atau 8,33% siswa yang menjawab dengan benar dan sisanya sebanyak 33 dari 36 siswa atau 91,67% siswa menjawab dengan salah. Selanjutnya, untuk soal nomor 3, hanya ada 6 dari 36 siswa atau 16,67% siswa yang menjawab benar dan sisanya 30 dari 36 siswa atau 83,33% siswa menjawab dengan tidak benar. Selain itu, untuk soal nomor 4, hanya 5 dari 36 siswa atau 13,89% siswa yang menjawab dengan benar, dan sisanya 31 dari 36 siswa atau 86,11% siswa menjawab dengan tidak benar. Hal yang sama juga untuk soal nomor 5, dari 36 hanya 8 siswa atau 22,22% siswa yang menjawab benar dan sisanya sebanyak 28 dari 36 siswa atau 77,78% siswa menjawab dengan tidak benar. Selanjutnya, untuk soal nomor 6 tidak jauh berbeda dengan soal nomor 5, dari 36 hanya 7 siswa atau 19,44% siswa yang menjawab benar dan sisanya 29 dari 36 siswa atau 80,64% siswa menjawab dengan tidak benar. Tingginya tingkat persentase kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal pada materi geometri 3D mengindikasikan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam melakukan berbagai tugas berpikir geometri khususnya topik geometri 3D.

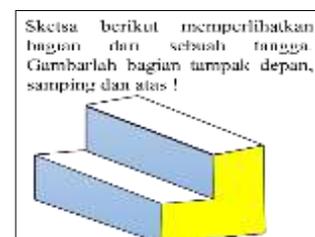
Jika dianalisis secara mendalam kesulitan siswa dalam menyelesaikan permasalahan pada materi geometri 3D (Lihat Gambar 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, dan 1.11) maka disebabkan karena (1) ketidakmampuan siswa dalam merepresentasikan objek geometri 3D; (2) menentukan struktur spasial dari bentuk 3D; dan (3) menghitung luas permukaan dan volume geometri 3D.



Gambar 1.6. Soal Nomor 1



Gambar 1.7. Soal Nomor 2



Gambar 1.8. Soal Nomor 3

Pada soal nomor 1, terdapat 88,89% siswa mengalami kesulitan dalam merepresentasikan secara visual bidang sisi kubus yang tidak diwarnai dan tidak bisa menentukan kubus satuan yang bidangnya tidak diwarnai. Selain itu, ada siswa yang sudah mampu memvisualkan bidang yang diwarnai pada bagian atas, bawah, samping kanan dan samping kiri, namun tidak mampu menentukan banyaknya kubus satuan yang tidak diwarnai. Selanjutnya, ada juga siswa hanya merepresentasikan kubus pada sisi yang diwarnai saja, sedangkan pada sisi lainnya, siswa tidak mampu memvisualkannya. Hasil analisis jawaban siswa pada nomor satu mengindikasikan bahwa siswa sudah mampu merepresentasikan kubus satuan dengan benar, hanya saja siswa tidak mampu merepresentasikan struktur rusuk kubus satuan yang letaknya pada bagian dalam kubus yang besar.

Selanjutnya, nomor 2, terdapat 91,67% siswa yang mengalami kesulitan dalam mengkonstruksi jaring-jaring dari bentuk balok yang terdapat pada gambar di soal nomor 2. Siswa sudah mampu mengkonstruksi jaring-jaring balok tersebut, akan tetapi siswa tidak mampu dalam menempatkan tanda pada masing-masing bidang sisi balok tersebut. Hasil jawaban siswa tersebut karena siswa sudah memahami jaring-jaring dari kubus tersebut, tetapi kesulitan dalam menyusun bagian-bagian bidang balok tersebut ke dalam jaring-jaring secara sempurna. Tipe kesulitan inilah yang dinamakan dengan tipe *joining the disc and the lateral surface along a line* (Cohen & Ben Gurion, 2003). Selain itu, ada juga siswa yang mengalami kesulitan dalam melihat bentuk geometri 3D ke konstruksi jaring-jaringnya. Oleh sebab itu, *learning obstacle* (hambatan belajar) pada soal nomor 2 disebabkan oleh karena faktor *ontogenic obstacle* dan *epistemological obstacle*. Faktor *ontogenic obstacle* muncul karena siswa kesulitan dalam melihat bentuk geometri 3D yang setiap bidang dan rusuknya memiliki tanda, sedangkan *epistemological obstacle* muncul karena siswa sudah mampu menggabungkan permukaan bidang sisi yang sudah diberitanda pada masing-masing sisinya.

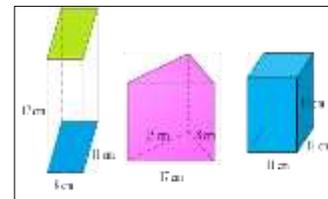
Selanjutnya, soal nomor 3, terdapat 84,33% siswa tidak mampu mengidentifikasi bagian-bagian sisi geometri 3D yang tampak depan, atas, dan samping. Sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam menggambarkan ke dalam bentuk 2D. Siswa menggambarkan jaring-jaring secara sendiri-sendiri, tidak menyatukan bagian-bagian menjadi satu bidang 2D. Hasil analisis jawaban siswa mengindikasikan bahwa siswa kesulitan dalam memanipulasi bentuk 3D ke bentuk 2D atau sebaliknya. Oleh sebab itu, untuk nomor 3, jenis *learning obstacle* yang muncul yakni *epistemological obstacle*.



Gambar 1.9. Soal nomor 4



Gambar 1.10. Soal nomor 5



Gambar 1.11. Soal nomor 6

Selanjutnya, soal nomor 4, terdapat 86,11% siswa tidak mampu menjawab soal tersebut dengan benar. Berdasarkan hasil jawaban siswa, nampak siswa kesulitan dalam memvisualisasikan kubus satuan yang tidak terlihat secara langsung. Siswa kesulitan dalam menentukan kubus satuan yang terdapat pada bagian alas atau pada bagian sisi yang tidak terlihat. Kesulitan siswa pada nomor 4 disebabkan karena siswa tidak mampu mengidentifikasi struktur rusuk kubus satuan tersebut. Jika siswa mampu menghitung banyaknya rusuk yang tampak depan, samping, dan atas besar kemungkinan siswa akan dapat menentukan banyaknya keseluruhan kubus satuan. Berdasarkan hal itu, dapat disimpulkan bahwa *learning obstacle* pada soal nomor 4 disebabkan oleh karena faktor *ontogenic obstacle* dan *epistemological obstacle*. Faktor *ontogenic obstacle* muncul karena siswa tidak mampu menentukan banyaknya rusuk satuan pada bagian yang tampak depan, samping, dan atas. Selain itu, faktor *epistemological obstacle* muncul karena ketidakmampuan siswa dalam memvisualisasikan objek kubus satuan yang sisinya tidak diwarnai, sehingga siswa kesulitan dalam menjumlahkan banyaknya seluruh kubus satuan.

Selanjutnya, soal nomor 5 dan 6 berkaitan dengan perhitungan luas permukaan atau volume pada masing-masing bentuk geometri 3D. Soal nomor 5, terdapat 77,78% siswa yang mengalami kesulitan dalam menjawab tersebut. Pada umumnya, kesulitan siswa dalam menentukan luas permukaan disebabkan karena siswa tidak mampu mengidentifikasi panjang rusuk pada setiap bagian bidang geometri 3D. Siswa tidak mampu menentukan luas permukaan yang nampak pada bagian depan atau belakang dan siswa tidak mampu menentukan luas permukaan pada bagian samping dan atas. Ketidakmampuan siswa dalam menentukan luas permukaan pada tiap-tiap bagian menyebabkan siswa tidak mampu menghitung luas permukaan bentuk geometri 3D pada soal tersebut. Ketidakmampuan siswa dalam menentukan panjang, lebar, dan tinggi pada masing-masing bagian menyebabkan siswa tidak mampu menghitung volumenya. Soal nomor 6, hanya 19,44% siswa yang menjawab dengan benar. Untuk menjawab soal tersebut siswa harus mampu mengidentifikasi rusuk-rusuk pada bagian alas dengan benar. Jika siswa mampu menentukan rusuk alas dengan benar, maka siswa dapat menentukan luas permukaan alas tersebut.

Selain itu, jika diklasifikasikan kesulitan siswa berdasarkan jenis *learning obstacle*, maka ada tiga jenis yaitu *ontogenic obstacle*, *didactical obstacle*, dan *epistemological obstacle* (Brousseau, 2002). *Learning obstacle* siswa pada soal nomor 1 disebabkan karena faktor *ontogenic obstacle* dan *epistemological obstacle*. Faktor *ontogenic obstacle* terjadi karena ketidakmampuan siswa dalam memvisualisasikan objek kubus satuan yang sisinya tidak diwarnai. Selain itu, *epistemological obstacle* dikarenakan siswa tidak bisa memvisualisasikan kubus satuan yang ada didalam kubus yang besar. *Learning obstacle* pada soal nomor 2 muncul karena faktor *ontogenic obstacle* dan *epistemological obstacle*. Faktor *ontogenic obstacle* terjadi karena siswa kesulitan dalam melihat bentuk geometri 3D yang setiap bidang dan rusuknya memiliki tanda. *Epistemological obstacle* terjadi karena siswa sudah mampu menggabungkan permukaan bidang sisi yang sudah diberitanda pada masing-masing sisinya. Untuk soal nomor 3, jenis *learning obstacle* yang muncul yakni *epistemological obstacle*. *Learning obstacle* siswa pada soal nomor 4 disebabkan oleh karena faktor *ontogenic*

obstacle dan *epistemological obstacle*. Faktor *ontogenic obstacle* terjadi karena siswa tidak mampu menentukan banyaknya rusuk satuan pada bagian yang tampak depan, samping dan atas. Selain itu, faktor *epistemological obstacle* muncul karena ketidakmampuan siswa dalam memvisualisasikan objek kubus satuan yang sisinya tidak diwarnai. Akibatnya, siswa mengalami *epistemological obstacle* dalam menjumlahkan seluruh satuan kubus. Selanjutnya, untuk *learning obstacle* yang muncul pada soal nomor 5 dan 6 yakni *ontogenic obstacle* dan *epistemological obstacle*.

Selanjutnya, berdasarkan wawancara dengan salah seorang guru matematika kelas VIII di sekolah tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa guru tidak menggunakan media apapun untuk mengajarkan geometri bangun ruang (3D). Selama mengajar, guru hanya mengandalkan sumber belajar seadanya. Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat *didactical obstacle* dalam pembelajaran geometri 3D di kelas tersebut. Berbagai *didactical obstacle* yang teridentifikasi yaitu: (1) siswa mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi unsur-unsur dan sifat-sifat dari geometri 3D; (2) siswa mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi dan mengkonstruksi jaring-jaring; (3) siswa mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan objek yang tidak nampak pada gambar; (4) memanipulasi bentuk geometri 3D ke dalam bentuk 2D; (5) siswa mengalami kesulitan dalam mengukur luas permukaan dan volume dari bentuk 3D; (6) membandingkan volume 3D berdasarkan sifatnya.

Berbagai kesulitan yang dialami siswa di dalam memahami konsep geometri 3D terkait kemampuan siswa dalam berpikir geometri 3D. Kemampuan berpikir geometri 3D terkait dengan kapasitas siswa untuk melakukan berbagai tugas dalam materi tertentu yang mencakup pengetahuan dalam membangun jaring-jaring, merepresentasikan objek 3D dengan gambar 2D, mengidentifikasi bangun 3D dan elemen-elemennya, menyusun struktur rusuk kubus, menghitung permukaan dan volume bangun ruang, serta membandingkan sifat-sifat bentuk 3D (Pittalis & Christou, 2010). Pengertian itu menegaskan bahwa kemampuan berpikir geometri 3D bukan hanya kemampuan untuk memanipulasi mental seperti memutar, menggeser, atau

membalikkan objek geometri 3D, akan tetapi menekankan kepada kemampuan proses konstruksi dalam merepresentasi objek geometri 3D, menyusun struktur rusuk dari objek geometri 3D, menghitung luas permukaan dan volume 3D.

Selain itu, keberhasilan siswa dalam memahami materi geometri 3D bukan hanya terkait dengan kemampuan berpikir 3D siswa, namun terkait juga dengan aspek afektif. Salah satu aspek afektif yang berpotensi mempengaruhi keberhasilan siswa memahami materi geometri 3D adalah *self-efficacy*. *Self-efficacy* siswa akan muncul jika siswa berpikir dapat memahami materi geometri, maka pemikiran itu menunjukkan keyakinannya. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa guru SMP di Kabupaten Indramayu terkait dengan *geometry self-efficacy* yang dimiliki oleh siswa, diperoleh informasi bahwa ada kecenderungan bahwa siswa yang tidak memiliki keyakinan diri dalam mempersiapkan tes pada materi geometri akan mendapatkan hasil tes yang kurang baik. Hal yang sama juga berlaku terhadap siswa yang memiliki kepercayaan diri yang tinggi, namun tidak diimbangi dengan kemampuan awal yang baik memiliki kecenderungan tidak mampu memperoleh hasil tes yang baik. Selain itu, *geometry self-efficacy* tidak hanya berkaitan dengan keyakinan akan mampu memahami konsep geometri, namun juga harus diimbangi dengan pembentukan pengetahuan awal siswa terhadap konsep geometri.

Selain itu, berdasarkan hasil penelitian-penelitian yang relevan mengungkapkan bahwa terdapat hubungan antara siswa yang memiliki literasi visual matematis dengan *geometry self-efficacy* siswa (Deringöl, 2020). Hasil penelitian Cheema (2017) menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara *self-efficacy* matematika dengan literasi matematika siswa. Siswa yang siap untuk belajar, seperti membuat catatan selama proses pembelajaran dan lain sebagainya memiliki *self-efficacy* yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang tidak memiliki kesiapan (Deringöl, 2020). Siswa yang siap untuk belajar, memiliki *self-efficacy* yang lebih baik dibandingkan siswa tidak memiliki kesiapan. Selanjutnya, Yuksel *et al.* (2013) menyimpulkan bahwa terdapat hubungan antara *geometry self-efficacy* siswa dengan nilai tes geometri. Siswa yang memiliki nilai tes geometri yang tinggi cenderung akan

memiliki *self-efficacy* yang tinggi dan sebaliknya siswa yang mendapat nilai tes geometri yang rendah memiliki *geometry self-efficacy* yang rendah (Yuksel *et al.*, 2013). Selain itu, Gao (2020) menjelaskan bahwa sumber *self-efficacy* siswa yang keyakinan dirinya tinggi atau rendah, memiliki tingkat ketertarikan dan sudut pandang yang berbeda. Siswa perempuan memiliki sumber *self-efficacy* yang lebih banyak dengan cara menerima dari proses persuasi sosial, dibandingkan siswa laki-laki (Gao, 2020). Oleh karena itu, pengembangan *self-efficacy* harus beriringan dengan pembentukan pengalaman, kompetensi, dan tugas dengan memperhatikan kapasitas individu masing-masing (Sharma & Nasa, 2014).

Berdasarkan uraian diatas, ada beberapa alasan peneliti melakukan kajian terkait *geometry self-efficacy* karena (1) keyakinan siswa akan kemampuan yang dimilikinya merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan siswa dalam memahami materi geometri 3D; (2) siswa yang memiliki *geometry self-efficacy* memiliki sikap dan motivasi yang positif dalam mengikuti proses pembelajaran geometri; (3) *geometry self-efficacy* siswa dapat dibentuk melalui dorongan dan tindakan dari luar, misalkan pembelajaran yang diimplementasikan oleh guru; (4) rendahnya *geometry self-efficacy* dapat menghambat siswa untuk memahami konsep geometri 3D.

Selanjutnya, banyak cara yang bisa dilakukan untuk membantu siswa memfasilitasi proses berpikir geometri dan meningkatkan *geometry self-efficacy* siswa. Erdoğan & Durmuş (2009), Mostafa *et al.* (2016), Armah *et al.* (2018) dan Armah & Kissi (2019) menggunakan instruksi pembelajaran berbasis fase Van Hiele. Anderson & Piazza (1996), Kablan & Kaya (2014), Nguyen & Phan (2015), Ochagavia (2017), Yea-Ling Tsao (2018) dan Yang *et al.* (2020) menggunakan pendekatan konstruktivisme dan inkuri. Tezer & Cumhur (2017) menggunakan *5E instructional model*. Selain menggunakan desain pembelajaran tertentu, penggunaan media berbasis teknologi juga banyak digunakan untuk membantu proses pembelajaran geometri 3D. Seperti penggunaan *software* Geogebra (Akkaya *et al.*, 2011; Arbain & Shukor, 2015; Martinovic, 2020; Segal *et al.*, 2018; Zulnadi *et al.*, 2019). Selain itu, bisa juga

menggunakan *software* Cabri 3D (Kösa & Karaku, 2010; Martinovic, 2020; Taylor, Koklu, & Topcu, 2013), *software* Wingeom (Fonna & Mursalim, 2018; Noordiana *et al.*, 2019) dan *software augmented reality* (González, 2018; Güven & Kosa, 2008; İbili *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2015; Olalde *et al.*, 2013).

Penelitian-penelitian tersebut memberikan gambaran bahwa penggunaan teknologi yang diintegrasikan dalam pengajaran untuk membantu memahami konsep geometri telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Integrasi teknologi ke dalam pembelajaran terbagi menjadi dua model integrasi yakni *directed instructional models* (DIM) dan *constructivist models* (CM) (Roblyer, 2016). Ketika menggunakan CM maka secara praktik harus menggunakan model pembelajaran yang mengakomodir teori belajar konstruktisme, misalnya dengan menggunakan *6E Instructional Model*. Pengintegrasian teknologi pada *6E Instructional Model*, maka harus nampak pada tiga komponen yakni *instructional needs*, *problems targeted*, *methods* dan *assessment strategies*. Berlandaskan uraian terkait dengan kesulitan siswa pada materi geometri 3D dan penggunaan teknologi dalam pembelajaran geometri akan di desain pembelajaran geometri 3D yang terintegrasikan dengan teknologi *augmented reality* (AR) menggunakan kerangka *CM* dan menganalisis dampaknya terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa. Selain itu, untuk membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, peneliti mempertimbangkan empat aspek, yaitu aspek materi geometri 3D, aspek integrasi teknologi, aspek desain pedagogis, desain didaktis, dan aspek peningkatan kognitif. Pada aspek desain pedagogis akan digunakan *6E Instructional Model* (6E-IM) yang terdiri dari enam fase, yaitu: *elicit*, *engage*, *explore*, *explain*, *elaborate*, dan *evaluate*.

Alasan menggunakan 6E-IM karena berdasarkan hasil penelitian-penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa 6E-IM dapat diintegrasikan dengan teknologi tertentu dan dapat membantu siswa SMP dalam memahami konsep geometri (Alshehri, 2016; Munzil & Mentari, 2021; N.-G. Nguyen, 2021; Omotayo & Adeleke, 2017; Şahin & Baturay, 2016; Tezer & Cumhur, 2017). Selain itu, fase-fase pada pembelajaran ini memfasilitasi terbentuknya kemampuan berpikir geometri 3D dan *geometry self-*

Sudirman, 2022

Desain *6E Instructional Model* Terintegrasikan *Augmented Reality* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Geometri 3D Ditinjau dari *Geometry Self-Efficacy* Siswa SMP
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

efficacy. Misalnya, pada fase *elicit* bertujuan untuk mengaktifkan *prior knowledge* siswa tentang materi geometri 3D serta membantu siswa menumbuhkan keyakinan akan kemampuan yang dimilikinya. Fase *engage* bertujuan mengkoneksikan *prior knowledge* ke konsep baru. Fase *explore* bertujuan untuk mengkonstruksi konsep baru dan memfasilitasi jalan berpikir geometri 3D. Fase *explain* bertujuan untuk membantu siswa melakukan proses improvisasi dan konfirmasi pengetahuan baru yang diperolehnya. Fase *elaborate* bertujuan memfasilitasi proses internalisasi dan asimilasi konsep baru ke dalam memori siswa. Fase *evaluate* bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan berpikir geometri 3D siswa.

Pada aspek teknologi, peneliti menggunakan AR karena AR memiliki potensi membantu siswa meningkatkan kemampuan visual, representasi dari objek geometri 3D. Pada aspek didaktis, peneliti mengembangkan bahan ajar geometri 3D terintegrasi AR. Pada bahan ajar geometri 3D ini juga memuat fase-fase 6E-IM. Pada aspek kognitif peneliti mempertimbangkan bahwa kemampuan geometri 3D, karena peneliti meyakini bahwa untuk dapat memahami konsep geometri 3D, siswa harus memiliki kemampuan berpikir geometri 3D.

Berdasarkan aspek-aspek tersebut, penelitian ini termasuk penting, karena (1) adaptasi kebiasaan baru COVID-19 mendorong guru untuk menggunakan teknologi digital dalam proses pembelajaran; (2) proses pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi akan berjalan efektif jika memperhatikan aspek didaktis, sintaks pedagogis, dan materi; (3) penelitian ini dapat meningkatkan pengetahuan dan kemampuan guru dalam penguasaan materi, aspek didaktis, sintaks pedagogis dan penggunaan teknologi digital; (4) penelitian dapat mengembangkan pengetahuan matematika siswa, khususnya kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP.

1.2 Rumusan Penelitian

Masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

- 1) Bagaimanakah kesulitan siswa SMP dalam memahami konsep geometri 3D?
- 2) Bagaimanakah desain 6E-IM terintegrasi AR yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP?
- 3) Bagaimanakah implementasi desain 6E-IM terintegrasi AR yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP?
- 4) Apakah terdapat perbedaan peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP berdasarkan model pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, 6E-IM, dan Konvensional)?
- 5) Apakah terdapat pengaruh pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, 6E-IM, dan Konvensional) terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D dengan memperhatikan *geometry self-efficacy* siswa SMP?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Mengkaji kesulitan siswa SMP dalam memahami konsep geometri 3D.
- 2) Mengkaji bentuk desain 6E-IM terintegrasi AR yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP.
- 3) Mengkaji proses implementasi 6E-IM terintegrasi AR yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP.
- 4) Menganalisis perbedaan peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa berdasarkan model pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, 6E-IM, dan Konvensional).
- 5) Menganalisis pengaruh dan besarnya pengaruh pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, 6E-IM, dan Konvensional) terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D dengan memperhatikan *geometry self-efficacy* siswa SMP.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Mengkaji kesulitan siswa dalam memahami konsep geometri 3D diharapkan dapat bermanfaat secara teoritis bagi peneliti dalam upaya merancang sebuah model pembelajaran geometri 3D yang dapat mengurangi hambatan belajar siswa SMP. Secara praktis deskripsi kesulitan siswa dalam memahami konsep geometri 3D dapat dimanfaatkan oleh guru atau penentu kebijakan dalam mendesain pembelajaran geometri 3D yang lain.
- 2) Mengkaji desain 6E-IM terintegrasi AR secara teoritis bermanfaat memberikan informasi bahwa teknologi AR dapat diintegrasikan dalam 6E-IM, khususnya pada materi geometri 3D. Secara praktis, deskripsi desain 6E-IM terintegrasi AR dapat dijadikan panduan bagi guru atau pihak-pihak terkait dalam merancang pembelajaran geometri 3D terintegrasi teknologi tertentu.
- 3) Mengkaji implementasi 6E-IM terintegrasi AR dapat bermanfaat secara praktis bagi peneliti dalam upaya menganalisis respon, aktivitas, dan kendala yang dihadapi siswa dan guru SMP selama pembelajaran geometri 3D.
- 4) Hasil analisis perbedaan peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP berdasarkan model pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, 6E-IM, dan Konvensional) secara teoritis bermanfaat untuk memperkuat atau memperlemah teori yang menyatakan bahwa implementasi teknologi dalam 6E-IM terintegrasi AR dapat mengoptimalkan peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait dalam memilih pembelajaran geometri 3D yang dapat mengoptimalkan peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D.
- 5) Hasil analisis pengaruh dan besarnya pengaruh pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, 6E-IM, dan Konvensional) terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D dengan memperhatikan *geometry self-efficacy* siswa SMP secara teoritis bermanfaat untuk memperkuat atau memperlemah teori yang menyatakan bahwa implementasi teknologi dalam 6E-IM terintegrasi AR dapat

mengoptimalkan peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP. Secara praktis, jika hasil penelitian ini menunjukkan ada pengaruh pembelajaran (6E-IM terintegrasi AR, *6E-IM*, dan Konvensional) terhadap peningkatan kemampuan berpikir geometri 3D siswa SMP dengan memperhatikan *geometry self-efficacy* maka hasil penelitian ini dapat dijadikan alternatif pembelajaran yang dapat dipilih oleh guru atau penentu kebijakan.