

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran Geometri dalam Kurikulum Merdeka di sekolah telah ada sejak di bangku sekolah dasar. Dimulai dari pengenalan bentuk bangun datar dan sifat-sifatnya, kemudian pengukuran luas dan keliling, kemudian konstruksi garis dan sudut, hingga geometri dinamis seperti pencerminan, rotasi, pergeseran, dan dilasi (Keputusan K-BSKAP Kemendikbudristek No. 008/H/KR/2022). Pentingnya geometri di dalam kurikulum sekolah dikemukakan NCTM (2000) yang menyatakan bahwa geometri membantu mengembangkan penalaran dan kemampuan pembuktian siswa. Jones (2001) juga berpendapat bahwa geometri membantu siswa untuk mengembangkan kemampuan visualisasi, berpikir kritis, penalaran, dan pembuktian. Atas dasar beberapa pendapat itulah, Goos & Spencer (2003) berpendapat bahwa geometri merupakan suatu topik dalam matematika yang begitu penting untuk diajarkan dari sejak masa pra-sekolah hingga tingkat pendidikan tinggi.

Proses berpikir Geometri menurut van Hiele (dalam Karakuş & Peker, 2015) terbagi menjadi lima tahapan. Tahapan pertama yaitu visualisasi, pada tahapan ini terjadi proses pemahaman objek geometri melalui bentuknya, berbagai masalah pada tahapan ini diselesaikan dengan cara menduga atau mencoba. Tahapan kedua yaitu analisis, pada tahapan ini telah muncul pemahaman dan pengenalan mengenai sifat-sifat dari objek geometri, namun belum terhubung dan terhimpun secara sempurna. Tahapan yang ketiga adalah tahap deduksi informal, pada tahap ini muncul pemahaman mengenai syarat cukup dan syarat perlu dari suatu konsep geometri, definisi dan sifat-sifat mengenai suatu konsep geometri telah tersusun dan mampu berargumen logis secara informal. Tahapan yang keempat adalah tahapan deduksi, pada tahapan ini penggunaan definisi dan sifat-sifat telah sangat matang dan memunculkan teorema-teorema berdasarkan sistem aksiomatik. Tahapan yang kelima adalah rigor (teliti), ini adalah tahapan terakhir di mana telah muncul pemahaman dan keterhubungan yang sangat baik antar konsep geometri, sehingga memungkinkan untuk membandingkan, menganalisis,

dan memberikan pembuktian formal bahkan untuk konsep geometri lain yang baru.

Sedangkan menurut Clements & Battista (1992) dan Usiskin (1987) Geometri memiliki empat aspek konseptual. Aspek yang pertama adalah visualisasi, penggambaran, dan konstruksi. Aspek yang kedua adalah mengamati dan menyepadankan konsepsi geometri dengan kehidupan nyata, seperti lingkaran dengan roda dan kemudian menghitung kelilingnya untuk mengetahui jauhnya roda tersebut berjalan untuk satu putaran. Aspek yang ketiga adalah representasi untuk berbagai hal yang non-fisik dan non-visual, seperti penggunaan garis bilangan. Aspek yang keempat adalah representasi dari sistem matematis bersama struktur logis seperti teorema dan pembuktian.

Berdasarkan penjabaran tahapan berpikir van Hiele dan aspek konseptual geometri Clements dan Battista di atas, konsepsi geometri selalu dimulai dengan tahapan visualisasi. Level berpikir geometri tersebut juga harus dilalui secara berurutan (Connolly, 2010). Urutan tersebut telah diuji oleh Usiskin (1987) yang menyimpulkan bahwa semua urutan berpikir geometri dalam model berpikir geometri van Hiele merupakan urutan yang valid. Meskipun demikian, pada praktiknya proses berpikir seseorang dan solusi dari suatu masalah geometri tidak sesederhana itu. Terkadang kita akan menemukan orang tertentu yang tidak mampu memecahkan masalah pada suatu level, namun justru mampu membuat argumen yang lebih baik untuk level yang lebih tinggi. Tentu ada banyak kemungkinan kenapa hal tersebut dapat terjadi, seperti misalnya mereka telah belajar cukup jauh, tapi belum menangkap pemahaman secara utuh atau waktu penyelesaian soal yang terbatas sehingga soal tertentu tidak diselesaikan bukan karena ketidakmampuan. Kemungkinan lain yang menjadi salah satu temuan dalam penelitian ini, yaitu seseorang bisa saja menggunakan jalur berpikir (*way of thinking*) yang berbeda dan tidak diantisipasi sebelumnya hingga menyentuh atau bahkan memenuhi karakteristik level yang tinggi tanpa melalui lintasan belajar untuk karakteristik yang lebih rendah. Hal tersebut memungkinkan untuk terjadi, terutama dalam penggunaan rumus tanpa pemahaman yang baik.

Untuk sementara, sebelum kita membahas temuan tersebut kita dapat bertumpu pada penelitian Usiskin (1987) dan keteguhan van Hiele untuk menyatakan bahwa level berpikir geometri model yang ia kemukakan harus dilalui secara berurutan. Diantara berbagai kemungkinan, kita juga untuk sementara berasumsi bahwa ketidaksesuaian urutan yang terjadi karena orang tersebut menampilkan jawaban yang acak atau menemukan jalur berpikir (*way of thinking*) yang berbeda dengan yang diantisipasi. Berdasarkan asumsi tersebut kita dapat menarik kesimpulan bahwa memungkinkan adanya beberapa *way of thinking* yang berbeda dalam mencapai suatu level berpikir geometri. *Way of thinking* tersebut memungkinkan tidak terdeteksi secara utuh dalam solusi yang ditampilkan seseorang, sehingga kita menganggapnya ada “kekosongan” atau ketidakmampuan proses berpikir seseorang pada level berpikir geometri sebelumnya. Padahal, bisa saja orang tersebut melalui proses berpikir geometri yang benar-benar berbeda dengan yang diupayakan untuk terdeteksi melalui instrumen penilaian yang dibuat. Sebagai contoh, dalam studi pendahuluan yang dilaksanakan terdapat subjek yang kesulitan dalam menyelesaikan masalah pada Level-2 (Analisis), akan tetapi subjek justru memenuhi salah satu dari tiga karakteristik pada Level-3 (Abstraksi). Berdasarkan analisis yang dilakukan, proses penyelesaian masalah subjek pada Level-3 tidak terstruktur dan bercampur dengan berbagai proses berpikir yang kompleks.

Pada beberapa bagian, percampuran dan kompleksitas itu tidak dapat diselesaikan dengan baik karena berbagai hal, seperti batasan waktu pengerjaan atau faktor psikologis yang membuatnya menyerah. Meskipun demikian, kita masih dapat melacak level berpikirnya dengan kembali kepada pemikiran dasar model berpikir geometri van Hiele, di mana setiap level berpikir geometri van Hiele memiliki karakteristiknya masing-masing. Seseorang akan secara tidak langsung mendemonstrasikan sekumpulan terminologi, konsep, dan penalaran yang sesuai dengan level berpikir geometri mereka (Usiskin & Senk, 1982; Burger & Shaughnessy, 1986; dan Connolly, 2010). Contohnya konsep refleksi yang seringkali disebut sebagai konsep pencerminan. Bagi seseorang dengan level berpikir geometri van Hiele yang berada pada Level Visualisasi, konsep refleksi

akan memudahkan apabila dipandang sebagai kegiatan bercermin. Akan tetapi, bagi orang dengan level yang lebih tinggi, refleksi merupakan konsep matematika yang lain dan berbeda sepenuhnya dengan kegiatan bercermin. Seperti garis sumbu yang tegak lurus dengan garis cermin, bayangan cermin yang sesungguhnya tidak nyata tapi menjadi objek nyata dalam refleksi. Hal tersebut merupakan beberapa dari konsep murni matematis yang tidak konkrit seperti kegiatan bercermin.

Karakteristik berpikir geometri pada level tertentu memungkinkan untuk terbawa dalam karakteristik level selanjutnya. Seperti kesimpulan dari hipotesis sebelumnya bahwa seseorang bisa saja memiliki *way of thinking* yang berbeda dengan yang diantisipasi untuk mencapai level berpikir selanjutnya. Begitupun pencapaian pada level selanjutnya tersebut belumlah tentu utuh. Derajat keutuhan proses berpikir masing-masing subjek pada level yang sama memungkinkan untuk berbeda. Katakanlah ada dua subjek yang mampu menyelesaikan masalah pada level berpikir geometri tingkat 1, pencapaian kedua subjek pada Level-2 belum tentu sama derajatnya. Perbedaan derajat berpikir itu dan bermacam *way of thinking* dalam pencapaian level berpikir seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, mengarahkan pada hipotesis bahwa proses berpikir seseorang lebih memungkinkan bersifat kontinu dibanding diskrit. Adapun Level berpikir van Hiele merupakan level diskrit yang sesungguhnya hanya mengelompokkan karakteristik berpikir geometri seseorang.

Apabila meninjau beberapa kasus di Indonesia, misalnya Sunariah & Mulyana (2019) menemukan bahwa peserta didiknya cenderung kesulitan dalam mengenali secara visual konsep transformasi. Dalam penelitian tersebut juga ditemukan bahwa peserta didiknya memiliki karakter berpikir geometri prosedural yang mengutamakan perhitungan dan hapalan rumus dibandingkan dengan pemahaman konsep. Berdasarkan karakteristik Level berpikir Geometri van Hiele, *way of thinking* yang cenderung mengutamakan pengetahuan prosedural berada pada Level-3 (Abstraksi). Meskipun demikian, proses penyusunan prosedur pada level abstraksi seharusnya merupakan hasil dari pemikiran logis peserta didik. Pengabaian aspek logis dalam pembelajaran Level-3 (Abstraksi) justru dapat

menghambat perkembangan level berpikir geometri peserta didik. Kesulitan dalam visualisasi konsep geometri tersebut merangkai kesulitan lain dalam pemahaman geometri secara keseluruhan. Seperti menurut Noto, Priatna, & Dahlan (2018) bahwa selain visualisasi terdapat kesulitan lain dengan tingkatan pemahaman yang lebih tinggi dalam mempelajari geometri transformasi yaitu; pemahaman masalah geometri, pemahaman dan penggunaan konsep geometri, penggunaan sifat-sifat dan prinsip geometri, dan pembuktian secara matematis.

Kesulitan visualisasi konsep geometri ini menjadi vital karena berdampak terhadap keseluruhan pemahaman dan proses berpikir. Seseorang tidak akan mampu menyelesaikan masalah geometri apabila ia bahkan tidak memahami masalah yang diberikan. Seperti menurut van Hiele (1958), dan Clements & Battista (1992) yang berpendapat bahwa tahapan pertama yaitu visualisasi merupakan aspek pre-kognitif. Tahapan di mana seseorang mencoba memahami permasalahan yang diberikan. Salah satu solusi dari kesulitan visualisasi konsep geometri ini adalah dengan penggunaan *Dynamic Geometry Software* (DGS) di dalam pembelajaran. Penggunaan DGS yang terintegrasi dengan baik dan komputer (dalam hal ini DGS) sebagai instrumen utama pembelajaran disebut sebagai *Computer-Based Instruction* (CBI) (Kulik, Kulik, & Bangert-drowns, 1985).

Tidak hanya Kulik, dkk. yang berpandangan mengenai perlunya DGS dalam pembelajaran geometri. Akasah & Alias (2010) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa terdapat *visualization skills gap* antara mahasiswa yang mahir dan mahasiswa pemula. Dalam penyusunan pembuktian geometris, Marrades & Gutierrez (2000) mengemukakan bahwa DGS dapat membantu siswa untuk membentuk pemahaman abstrak dan menyusun struktur pembuktian. Penelitian mengenai penyusunan pembuktian dalam geometri menggunakan DGS juga dilakukan Mariotti (2000) yang berkesimpulan bahwa DGS dapat memberikan nilai dan makna dalam pembuktian geometri. Jones (2001) lebih spesifik menyebutkan bahwa DGS mampu memberikan penjelasan yang sangat baik untuk berbagai pembuktian. Dikala terjadi kebuntuan ide, DGS dengan beberapa fitur nya juga dapat memberikan ide kunci dalam memecahkan masalah

(Pech, 2012). Ide-ide tersebut bisa muncul karena DGS memberikan keleluasaan dalam bereksplorasi dan bereksperimen (Molnár & Lukáč, 2015). Selain bermanfaat dalam memunculkan ide, menurut Flores & Yanik (2015) eksplorasi dan eksperimen dengan menggunakan DGS juga bermanfaat untuk memperbaiki dan memperhalus cara berpikir (*way of thinking*) peserta didik. Akan tetapi, penggunaan DGS tidak serta merta menjadi solusi yang mudah. Pada praktiknya, muncul berbagai kesulitan dalam penggunaan DGS dalam pembelajaran. Seperti yang diungkapkan Hoyles, Noss, & Pozzi (2001) bahwa meskipun telah banyak negara yang mempraktikkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pembelajaran geometri, tetapi hanya sedikit pengaruh langsung yang terungkap. Bahkan di Inggris Raya, meskipun telah direkomendasikan dalam kurikulum oleh *Department for Education (DfE)*, namun penggunaan DGS di dalam kelas masih sangat terbatas jumlahnya (Ofsted, 2002).

Kesulitan dalam penggunaan DGS dan CBI ini disebabkan oleh banyak hal. Seperti yang diungkapkan Selwyn (1999) yang berpendapat bahwa alih-alih berfokus pada topik pembelajaran dan indikator yang seharusnya, pembelajaran berbasis komputer justru berfokus kepada penggunaan komputer atau aplikasinya. Senada dengan Selwyn (1999), Lagrange & Hoyles (2009) mengungkapkan bahwa berbagai penelitian yang muncul pada penggunaan TIK dalam pembelajaran cenderung berupa penggunaan suatu aplikasi (*software*), dan sama sekali tidak menyentuh integrasi dan prosesnya dalam pembelajaran yang baik. Menurut Maddux (1991), banyak praktisi yang menggunakan TIK dalam pembelajaran hanya karena “ada” aplikasinya, tanpa alasan yang tepat mengapa aplikasi tersebut dapat digunakan dalam pembelajaran dengan baik.

Itu dulu, bagaimana dengan sekarang, di mana pengembangan *software* untuk pendidikan sudah cukup banyak, seperti MatLab, Maple, GeoGebra, Cabri, Geometr Sketchpad, dan sebagainya? Jankvist, Misfeldt, & Marcussen (2016) di dalam penelitiannya menunjukkan bahwa adanya hubungan kontrak yang tidak jelas mengenai peran dari *Computer Algebra System (CAS)* dalam pembelajaran. Lebih lanjut Shahmohammadi (2019) yang mengutip penelitian Jankvist, Misfeldt, & Marcussen (2016) berpendapat bahwa hal tersebut dapat berakibat

pada pergeseran metakognitif yang menghasilkan hilangnya fokus para peserta didik terhadap konsep matematika yang orisinal (yang sesungguhnya menjadi tujuan pembelajaran), dan justru beralih fokus terhadap sesuatu yang lain, seperti sintaks dan prosedur aplikasinya. Sudah lebih dari dua dekade sejak Selwyn (1999) mengungkapkan pendapatnya, ternyata pembelajaran dengan bantuan teknologi seperti berjalan di tempat, hampir tidak berubah dan terus menghadapi tantangan yang sama hingga kini.

Kesulitan penerapan TIK dalam pembelajaran tidak hanya muncul dari sisi guru dan dosen sebagai praktisi. Kesulitan juga muncul dari sisi pemangku kebijakan. Penggunaan teknologi dalam pendidikan merupakan investasi yang tidak murah. Pihak pemerintah atau sekolah/universitas tentunya harus menyediakan perangkat keras, perangkat lunak, internet yang memadai, dan berbagai biaya perawatan. Andaikata itu semua telah terpenuhi, itupun masih belum cukup. Karena harus didukung dengan kebijakan kurikulum yang memadai. Di mana hal tersebut, khususnya di Indonesia bahkan dalam Kurikulum Merdeka sekalipun, Keputusan K-BSKAP Kemendikbudristek No. 008/H/KR/2022 masih belum memuat pedoman yang spesifik mengenai capaian dalam teknologi, atau banyaknya jam praktik komputer per minggu. Akibatnya kesadaran akan penggunaan teknologi dalam belajar masih belum sepenuhnya diterapkan. Padahal Johnson, Jacovina, Russell, & Soto (2016) berpendapat bahwa penggunaan lab komputer selama 1 jam per minggu pun masih belum mencukupi.

Untungnya, kondisi tersebut berbeda dengan kondisi saat ini, di masa pandemi Covid-19 kita dipaksa untuk menggunakan teknologi dalam pembelajaran. Setiap universitas bahkan setiap sekolah dasar diwajibkan mengadakan pembelajaran dengan menggunakan teknologi dan internet. Tanpa disadari kita melangkah maju dalam penggunaan teknologi. Per tahun 2020, sudah lebih dari 60 juta peserta didik di Indonesia yang telah belajar dari rumah dengan menggunakan teknologi (BK-DPR-RI, 2021).

Di tengah kebijakan pembelajaran di masa pandemi, kebijakan tersebut justru menjadi peluang besar bagi pembelajaran dengan menggunakan TIK.

Dengan berbagai kebijakan yang pemerintah Indonesia berlakukan, pembenahan diperlukan dari sisi penggunaan TIK yang relevan dan terintegrasi dengan baik dalam pembelajaran. Seorang guru atau dosen harus tahu kapan teknologi tersebut digunakan dan apa dampaknya, lalu kapan teknologi tersebut tidak dapat digunakan dan apa penggantinya. Tanpa pengembangan profesional yang substansial dan luas dalam model pembelajaran inovatif dengan penggunaan teknologi yang memadai, banyak para pengajar tidak akan dapat menggunakan teknologi secara optimal. Teknologi pendidikan tidak melihat komputer sebagai keajaiban, komputer juga bisa membuat kesalahan karena berfokus pada otomatisasi sebagai cara kerjanya. Komputer hanyalah salah satu cara untuk memperkaya pembelajaran daripada selalu *teaching by telling* dan *teaching by listening*. Informasi dari Internet dalam bidang pendidikan juga saat ini begitu melimpah dan selalu siap untuk diakses oleh para pelajar. Akan tetapi, perlu diingat bahwa bahkan tanpa TIK sekalipun, dunia pendidikan telah dipenuhi oleh data dan informasi. Kurikulum yang terlalu padat dengan menyisipkan teknologi memungkinkan untuk membuat siswa dan guru menanggung beban intelektual yang berlebih. Dalam beberapa kondisi penggunaan perangkat lunak dengan berbagai sintaks yang baru dikenali, memungkinkan untuk memperburuk daripada meningkatkan intelektual peserta didik.

Integrasi teknologi terhadap pembelajaran dan kurikulum harus berfokus terhadap kualitas, bukan kuantitas. Penggunaan teknologi dalam pembelajaran efektif memerlukan paduan yang kompleks, beragam, dan sesuai dengan topik atau konten (Mishra & Koehler, 2006; Koehler & Mishra, 2008; 2009). Kompleksitas penggunaan teknologi dalam pembelajaran yang efektif tersebut tentunya memerlukan panduan atau setidaknya acuan yang lengkap dengan berbagai peran teknologi di dalamnya, sehingga diperlukan suatu desain didaktis untuk penggunaan komputer di dalam pembelajaran.

Di dalam pembuatan desain didaktis untuk geometri transformasi, perlu dipertimbangkan bahwa konsep transformasi dalam geometri merupakan tingkatan geometri yang lebih dinamis. Akibatnya, visualisasi objek geometri saja tidak cukup, diperlukan juga kemampuan manipulasi ilustrasi dan orientasi spasial

(Kirby & Boutler, 1999; NCTM, 1989, 2000, 2006; Zorin, 2011). Kemampuan manipulasi ilustrasi (imajinasi) ini tidak ditemukan sendiri melalui penalaran, namun diinduksi melalui realitas dan imajinasi sehari-hari (Byrne, 2008). Oleh karena itu, kita tidak bisa mengharapkan seseorang dapat memanipulasi suatu objek geometri dengan benar tanpa memberikan pengalaman yang memadai untuk mereka memanipulasinya. DGS dalam hal ini dapat memberikan realitas berupa manipulasi untuk topik geometri transformasi. Integrasi DGS pada lintasan belajar hipotetis ini diharapkan dapat memberikan pengalaman visualisasi spasial yang memadai, sesuai dengan yang diperlukan untuk tahapan berikutnya dalam konsep geometri transformasi.

Seperti yang van Hiele & van Hiele-Geldof (1958) dan Clements & Battista (1992) ungkapkan sebelumnya, konsep geometri itu berjenjang dari visualisasi hingga penalaran dan rigor. Oleh karena itu, proses visualisasi dan manipulasi yang terintegrasi dengan DGS harus koheren dengan aspek penalaran pada tahap selanjutnya dan tentunya dengan masalah yang dikemukakan sebelumnya. Koherensi yang diharapkan dari lintasan belajar hipotetis tersebut tidaklah sederhana dan memerlukan analisis dari sudut pandang peserta didik, pengajar, maupun topik/bahan ajar. Seperti menurut Suryadi (2019) perlu adanya analisis terhadap hubungan tripartit antara pendidik, peserta didik, dan materi dalam desain aktivitas pembelajaran (antisipasi didaktis-pedagogis). Bahkan ketika pembelajaran berlangsung, guru atau dosen harus selalu meninjau kesatuan, fleksibilitas, dan koherensi dari situasi didaktis yang berlangsung. Guru atau dosen perlu memiliki kemampuan metapedadidaktik untuk menganalisis respon peserta didik sebagai akibat tindakan didaktis dan pedagogis, dan kemudian memberikan lanjutan berdasarkan analisis respon tersebut (Suryadi, 2019).

Selain terbentuknya situasi didaktis yang diperlukan dalam pembelajaran melalui visualisasi dan manipulasi ilustrasi, kembali ke paparan di awal, visualisasi dan manipulasi ilustrasi ini diperlukan untuk mendukung aspek penalaran dan rigor pada topik geometri transformasi. Agar dukungan terhadap aspek penalaran dan rigor lebih komprehensif maka diperlukan analisis yang lebih spesifik terhadap terminologi, konsep, dan penalaran yang digunakan oleh

mahasiswa. Oleh karena itu, diperlukan perspektif baru dalam memandang pencapaian indikator-indikator pada tiap level berpikir geometri van Hiele. Perspektif yang memandang terminologi, konsep, dan penalaran sebagai pencapaian yang lebih spesifik daripada sekedar pemecahan masalah dalam level berpikir geometri model van Hiele.

Perspektif tersebut adalah *way of thinking* dan *way of understanding* yang dikemukakan Harel (2008). Menurutnya, konsep dan terminologi yang digunakan disebut sebagai *ways of understanding*, sedangkan penalaran yang digunakan disebut sebagai *ways of thinking*. Dengan perspektif *way of thinking* dan *way of understanding*, analisis dilakukan terhadap indikator-indikator level berpikir sehingga dapat memperhatikan sifat-sifat dan karakter tiap level. Dalam penelitian desain didaktis, analisis terhadap *way of thinking* dan *way of understanding* dilakukan pada tahapan analisis retrospektif.

Sebetulnya, dari berbagai literatur mengenai level berpikir geometri model van Hiele & van Hiele-Geldof (1958), seperti Karakuş & Peker (2015); Usiskin (1987); Burger & Shaughnessy (1986); *way of thinking* dan *way of understanding* telah digunakan dalam melakukan identifikasi level berpikir geometri. Hanya saja penggunaannya kurang terstruktur dan tidak terdeskripsikan dengan baik.

Way of thinking dan *way of understanding* dalam penelitian ini digunakan sebagai perspektif dalam menganalisis level berpikir geometri siswa. Sebagaimana Harel (2008) yang berpendapat bahwa bahkan *way of thinking* yang benar sekalipun belum tentu menguntungkan bagi proses berpikir selanjutnya. Pendapat tersebut memberikan landasan bagi penelitian ini, bahwa bisa saja seseorang kesulitan dalam mencapai level tertentu dikarenakan terhambat oleh *way of thinking* maupun *way of understanding* yang selama ini digunakan. Bahkan mungkin juga ada suatu bentuk *way of thinking* maupun *way of understanding* tertentu yang dapat secara efektif membuat seseorang mencapai level tertentu.

Studi pendahuluan dilaksanakan untuk mendukung penelitian ini, dengan tujuan mengkaji lebih dalam mengenai kesulitan dan hambatan belajar dalam mata kuliah yang akan diteliti, yaitu geometri transformasi. Hambatan belajar yang dikaji dalam penelitian ini adalah hambatan belajar terhadap kelima level

proses berpikir geometri yang dikemukakan van Hiele & van Hiele-Geldof (1958). Kelima level tersebut yaitu; visualisasi, analisis, abstraksi, dan *rigor*.

Studi pendahuluan dilakukan pada mahasiswa calon guru yang telah mendapatkan mata kuliah geometri transformasi dari Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan (FKIP) di salah satu Perguruan Tinggi di Bandung, Indonesia. Kemampuan mahasiswa di perguruan tinggi tersebut tidak istimewa, cenderung rata-rata dengan mahasiswa lainnya di perguruan tinggi lain (baik negeri maupun swasta) di bidang pendidikan. Asumsi tersebut didasarkan pada bahwa perguruan tinggi yang dimaksud merupakan perguruan tinggi swasta, di mana mahasiswa yang masuk telah tersaring terlebih dahulu berdasarkan kemampuan akademik oleh perguruan tinggi negeri. Akan tetapi, perguruan tinggi tersebut juga menempati 10 besar perguruan tinggi swasta di Indonesia versi UniRank, telah terakreditasi A, dan merupakan salah satu perguruan tinggi swasta favorit masyarakat di bidang pendidikan terutama daerah Jawa Barat, sehingga masih banyak mahasiswa dengan kemampuan baik yang masuk. Kondisi tersebut dirasa sesuai dengan tujuan penelitian, dengan kemampuan mahasiswa yang cenderung rata-rata, akan muncul berbagai hambatan yang umum dihadapi. Kemampuan mahasiswa yang cukup baik secara kognitif maupun penguasaan teknologi yang memadai tidak akan menimbulkan berbagai hambatan non-teknis yang tidak perlu.

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan mengenai hambatan belajar. Studi pendahuluan dilakukan terhadap sepuluh mahasiswa yang telah menerima mata kuliah Geometri Transformasi secara lengkap pada tahun sebelumnya. Kesepuluh mahasiswa tersebut dipilih secara acak untuk dianalisis level berpikir geometrinya. Lebih lanjut mengenai pembahasan hambatan belajar hasil studi pendahuluan ini akan dibahas tersendiri di BAB IV dalam sub bab Analisis Hambatan Belajar. Berikut ini disajikan ringkasan hasil hambatan epistemologis yang muncul dalam studi pendahuluan.

Tabel 1.1 Hambatan Epistemologis dalam Berpikir Geometri Model van Hiele

| Level | Hambatan epistemologis |
|----------|---|
| Level-1: | Diperlukan beberapa tahapan agar gambar yang dihasilkan dapat |

| | |
|-----------------------|---|
| Visualisasi | memvisualisasikan proses transformasi dengan baik |
| Level-2: Analisis | Penentuan sifat-sifat dan jenis transformasi cenderung mengarahkan pada penyertaan perhitungan |
| Level-3: Abstraksi | Prosedur transformasi kompleks dan melibatkan berbagai pengetahuan prasyarat |
| Level-4: Deduksi | Adanya bias antar definisi dan teorema karena beberapa jenis transformasi berasal dari transformasi lainnya |
| Level-5: Rigor | 1. Harus mengkombinasikan sistem di dalam transformasi geometri dengan proses berpikir aksiomatik |
| | 2. Konstruksi konten pada level ini masih belum solid |

Seperti yang disajikan pada Tabel 1.1, didapatkan data bahwa terdapat hambatan epistemologis pada setiap level dan berdampak tidak baik terhadap level berpikir geometri. Seperti pada Level-1, hanya untuk memvisualisasikan proses transformasi dengan baik, diperlukan berbagai tahapan, unsur, ataupun ciri-ciri yang perlu dikenali. Hal tersebut pernah diteliti oleh Sunariah & Mulyana (2019) di mana mahasiswa kesulitan hanya untuk mengenali jenis transformasi karena tidak adanya arah perpindahan, garis cermin, pusat rotasi, ataupun unsur-unsur lainnya. Pembahasan kondisi ini diuraikan lebih jelas di BAB IV, yang menunjukkan bahwa dalam mengenali suatu transformasi, mahasiswa cenderung melakukan perhitungan rumit untuk mencari unsur-unsur atau ciri-ciri transformasi, sebelum mengenalinya sebagai jenis transformasi tertentu. Begitu juga dengan level lainnya, seperti Level-3, yang membutuhkan prosedur yang kompleks dengan berbagai pengetahuan prasyarat untuk membuat abstraksi dari suatu jenis transformasi. Kompleksitas tersebut membuat mahasiswa cenderung mengutamakan keterampilan prosedural, penggunaan rumus, dan hafalan dibandingkan memahami konsep transformasi secara abstrak. Penggunaan GeoGebra sebagai *Dynamic Geometry Software* diharapkan memudahkan berbagai visualisasi, konstruksi abstraksi, maupun konstruksi pemahaman konsep dan ide-ide untuk memberikan pembuktian seperti yang disampaikan Hidayat & Tamimuddin (2015). Untuk dapat mengkonstruksi pemahaman konsep dengan baik, GeoGebra dalam pembelajaran harus terintegrasi dengan baik. Mahasiswa

perlu dibiasakan dalam beralih dari GeoGebra ke perhitungan matematis dan abstraksi matematis. Pembelajaran disusun berdasarkan Fase Pembelajaran van Hiele (1984) dengan tujuan pembelajaran yang dibuat mengacu kepada Model Berpikir Geometri van Hiele (1957). Susunan pembelajaran tersebut dirancang dan diteliti dalam suatu penelitian desain didaktis, dengan tujuan untuk menunjang terbentuknya *way of thinking* dan *way of understanding* yang memadai bagi perkembangan level berpikir geometri pada model van Hiele.

Meskipun demikian, pengembangan desain didaktis ini bukanlah fokus utama dalam penelitian ini. Kembali kepada pendapat Harel (2010) bahwa bahkan *way of thinking* yang benar sekalipun belum tentu menguntungkan bagi level berpikir selanjutnya. Artinya masih diperlukan analisis terhadap *way of thinking* dan *way of understanding* setelah penerapan desain didaktis yang dikembangkan tersebut. Inilah yang menjadi fokus penelitian, yaitu analisis mengenai dampak dari penerapan desain didaktis yang dikembangkan terhadap level berpikir geometri dalam perspektif *way of thinking* dan *way of understanding*.

1.2 Rumusan Masalah

Fokus penelitian yang diajukan ini adalah proses berpikir geometri mahasiswa calon guru dalam perkuliahan geometri transformasi, namun dengan terlebih dahulu dirancang suatu desain didaktis yang dianggap ideal. Temuan yang didapat dari hasil analisis tersebut, kemudian dianalisis kembali untuk menyempurnakan desain didaktis yang telah dirancang sebelumnya. Sementara itu untuk tahap visualisasi yang terdapat dalam tahapan proses berpikir geometri, akan digunakan DGS. Dalam penelitian yang diajukan ini, DGS yang akan digunakan adalah GeoGebra. Pertimbangannya dikarenakan software GeoGebra merupakan *software open-source* dan memiliki keterikatan fungsi aljabar yang memadai.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijabarkan di atas, rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah “Bagaimana Proses Berpikir Geometri Mahasiswa Calon Guru Matematika dalam Perspektif *Way of Thinking* dan *Way of Understanding* Pada Implementasi Desain Didaktis berbantuan *Dynamic Geometry Software*?”. Untuk menyederhanakan pembahasan, rumusan

masalah tersebut dibagi menjadi beberapa rumusan masalah yang lebih spesifik sebagai berikut:

- 1) Apa saja hambatan belajar mahasiswa calon guru pada topik geometri transformasi?
- 2) Bagaimana rancangan desain didaktis dalam pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS ?
- 3) Bagaimana hasil penerapan desain didaktis pembelajaran geometri transformasi dengan berbantuan DGS dalam Teori Van Hiele?
- 4) Bagaimana proses berpikir geometri mahasiswa calon guru menurut model van Hiele dalam perspektif *way of thinking* setelah penerapan desain didaktis pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS?
- 5) Bagaimana proses berpikir geometri mahasiswa calon guru menurut model van Hiele dalam perspektif *way of understanding* setelah penerapan desain didaktis pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS?
- 6) Bagaimana desain didaktis empiris dalam pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS ?

1.3 Tujuan Penelitian

Pembelajaran berbasis komputer merupakan hal yang sudah sepantasnya dipraktikkan pada topik geometri transformasi. Terlebih bagi para mahasiswa calon guru yang juga dituntut oleh kurikulum untuk memiliki literasi teknologi dan menggunakannya ketika telah menjadi seorang guru profesional. Tidak hanya tuntutan profesionalisme, penggunaan DGS dalam pembelajaran dapat banyak membantu dalam visualisasi dan manipulasi spasial (Kulik et al, 1985; Jones, 2001; Pech, 2012). Dengan proses desain didaktik yang baik, integrasi DGS ke dalam pembelajaran dapat memberikan visualisasi spatial yang memadai untuk membantu siswa memasuki tahapan penalaran yang baik. Berdasarkan pemaparan tersebut, tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

- 1) Merancang desain didaktis dalam pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS
- 2) Menganalisis penerapan desain didaktis pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS dalam Teori Van Hiele

- 3) Menganalisis proses berpikir geometri mahasiswa calon guru menurut model van Hiele dalam perspektif *way of thinking* setelah penerapan desain didaktis pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS?
- 4) Menganalisis proses berpikir geometri mahasiswa calon guru menurut model van Hiele dalam perspektif *way of understanding* setelah penerapan desain didaktis pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS?
- 5) Merancang desain didaktis empiris dalam pembelajaran geometri transformasi berbantuan DGS

1.4 Manfaat Penelitian

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa dalam pembelajaran geometri transformasi terdapat beberapa kesulitan belajar seperti yang diungkapkan Noto, Priatna, & Dahlan (2019) maupun Karso (2016). Salah satu kesulitan yang dihadapi adalah kesulitan visualisasi konsep geometri. Kesulitan ini sangat vital karena akan berdampak terhadap pemahaman dan proses berpikir. Seseorang tidak akan mampu menyelesaikan masalah apabila ia bahkan tidak memahami masalah yang diberikan, dan visualisasi dalam geometri transformasi merupakan aspek pre-kognitif dimana seseorang memahami dan memaknai suatu kondisi, sehingga ia dapat melakukan penalaran kondisi tersebut.

Penelitian yang diajukan ini memberikan solusi dengan mengintegrasikan DGS dalam pembelajaran. Integrasi dilakukan melalui proses desain didaktis sehingga dapat dianalisis implementasinya, dan berbagai tindakan lanjutan lainnya hingga didapatkan desain dianggap baik. Anggapan tersebut juga kembali dianalisis secara keseluruhan, tidak hanya integrasinya namun juga dampaknya terhadap *way of thinking* dan *way of understanding* mahasiswa calon guru. Hal itu diharapkan dapat mempertegas bahwa implementasi hasil desain didaktis tersebut memberikan hasil tertentu, sesuai dengan hasil analisis nantinya.

1.5 Definisi Operasional

Penelitian ini memuat beberapa variabel penelitian yang perlu disepakati definisinya agar tidak terjadi perbedaan pemaknaan.

1. Model Berpikir Geometri Van Hiele adalah Teori Berpikir pada konsep geometri yang digagas oleh Pierre M. van Hiele dan istrinya Dina van Hiele –

Geldof pada tahun 1957 dalam disertasi mereka. Di dalam model tersebut terdapat lima level, yaitu level visualisasi; level analisis; level abstraksi/informal deduction, level deduksi, dan level rigor.

2. *Didactical Design Research* (DDR) adalah desain penelitian untuk mengembangkan desain didaktis pada konsep tertentu yang digagas oleh Suryadi (2008). Desain ini memiliki tiga tahapan, yaitu tahap analisis didaktis pedagogis, tahap analisis metapedadidaktik, dan tahap analisis retrospektif.
3. *Way of understanding* adalah pengetahuan tertulis, terekam, dan dapat tersampaikan secara eksplisit melalui berbagai cara. Bagian yang bisa kita dapatkan secara terstruktur dan baku di dalam pembelajaran matematika. Contohnya adalah aksioma, definisi, teorema, bahkan prosedur terstruktur.
4. *Ways of thinking* adalah karakteristik seseorang dalam melakukan aktivitas mental. Bisa juga disebut sebagai cara berpikir untuk mencapai *way of understanding* (struktur baku seperti definisi atau teorema).
5. *Dynamic Geometri Software* (DGS) merupakan perangkat lunak yang menyajikan konstruksi objek-objek geometri mulai dari yang paling sederhana, seperti titik; garis; lingkaran; dan sebagainya. Berbeda dengan software visualisasi geometri lainnya, aspek *dynamic* pada DGS muncul dari kemampuannya dalam memvisualisasikan objek geometri ketika ditarik/digusur (*drag*). Dengan menggosok objek geometri, objek tersebut dan objek lainnya yang terhubung akan langsung berubah secara dinamis menyesuaikan besarnya gosuran atau posisi objek yang digosur. Biasanya DGS juga memiliki kemampuan untuk membuat animasi (perubahan situasi objek geometri secara otomatis). Dalam penelitian ini, DGS yang digunakan adalah GeoGebra. Hampir tidak ada perbedaan yang berarti antara fitur-fitur pada GeoGebra dengan DGS lainnya, yang membedakan hanya beberapa DGS lain merupakan versi berbayar atau hanya bisa digunakan pada platform Operating System (OS) tertentu, sehingga pengambilan kesimpulan pada penelitian ini yang berkaitan dengan GeoGebra dianggap valid untuk semua DGS lainnya.