

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Pemahaman yang mendalam terhadap konten sains dapat dikembangkan untuk siswa dengan menggunakan representasi. Hal ini diperkuat bahwa siswa akan mampu membangun pemahaman mereka dengan berpondasi melalui penggunaan representasi dalam pembelajaran (Namdar & Shen, 2016). Sejalan dengan itu, siswa akan dapat memvisualisasikan hubungan antara konsep yang berbeda dan meningkatkannya untuk mengembangkan pemahaman yang lebih dalam tentang fenomena ilmiah (Wu et al., 2013). Oleh karena itu, kemampuan representasi ini penting untuk dimiliki oleh para siswa. Hal tersebut disebabkan oleh karakteristik sains yang selalu direpresentasikan oleh para ilmuwan dalam setiap jenis pengetahuannya. Melalui representasi, siswa akan mampu membangun pengetahuan yang mendalam mengenai sains yang telah dibangun oleh para ilmuwan.

Pembelajaran berbasis representasi yang dapat membangun pemahaman konsep yang mendalam dapat mengadopsi berbagai jenis mode representasi. Dalam kajian *Physical Science* secara umum misalnya, seharusnya siswa difasilitasi dalam menggunakan berbagai jenis mode representasi seperti verbal, matematika, grafik, dan gambar (Kohl & Finkelstein, 2017). Siswa pada jenjang sekolah dasar setidaknya belajar melalui dan menggunakan lebih dari satu jenis representasi, atau biasa disebut multi mode representasi. Salah satu konsep yang kaya akan representasi adalah Materi “Sifat-Sifat Cahaya” yang seharusnya dapat diajarkan melalui representasi verbal dan visual secara ilmiah dan komprehensif sesuai batas kedalaman dan keluasan kurikulum di kelas atas sekolah dasar. Namun, pembelajaran yang diimplementasikan saat ini jarang mengadopsi multi mode representasi. Kajian standar isi dari beberapa dokumen pendidikan tentang Materi “Sifat-Sifat Cahaya” di SD dapat memerhatikan Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018, NGSS 2013, dan TIMSS 2019 untuk menyesuaikan kebutuhan saat ini (Kemdikbud, 2018; Mullis & Martin, 2017; NGSS Lead States, 2013). Perangkat yang digunakan dalam pembelajaran pun tidak komprehensif dalam

merepresentasikan Materi “Sifat-Sifat Cahaya” sehingga rawan menyebabkan miskonsepsi, misalnya ditemukan pada buku teks dalam dualisme kurikulum. Pertama, temuan pada Buku Siswa Kurikulum 2013 Kelas IV SD Tema 5 Revisi 2017 Subtema 1 Pembelajaran 3 pada halaman 26 yang menyajikan representasi verbal mengenai proses penglihatan (Anggari et al., 2017). Namun begitu, buku teks tersebut tidak mengindahkan pentingnya representasi visual pada konsep ini. Kedua, kasus yang ditemukan pada Buku IPAS Kelas V SD Kurikulum Merdeka Tahun 2021 Topik Cahaya dan Sifatnya pada halaman 4 menyajikan representasi visual mengenai proses penglihatan ketika sedang bercermin (Ghaniem et al., 2021). Visualisasi proses penglihatan pada buku teks tersebut menggunakan anak panah yang bermula dari lampu mengarah pada cermin lalu mengenai mata anak. Proses cahaya→benda→mata terjadi lebih kompleks ketika bercermin. Seharusnya, cahaya mengenai tubuh anak lalu memantul ke arah cermin kemudian memantul ke arah mata anak sehingga anak tersebut dapat melihat bayangannya sendiri saat bercermin. Buku teks tersebut kurang komprehensif dalam merepresentasikan konsep ini secara visual. Sementara itu, buku teks dapat menjadi penyebab miskonsepsi siswa (Suparno, 2013) dan guru (Widodo et al., 2017). Maka dari itu, sajian materi pembelajaran yang memuat representasi memiliki urgensi tersendiri agar tidak menyebabkan miskonsepsi atau kurangnya representasi siswa pada Materi “Sifat-Sifat Cahaya”.

Miskonsepsi tentang Materi “Sifat-Sifat Cahaya” yang berkaitan dengan proses penglihatan terjadi pada siswa SD. Temuan dari penelitian yang menjadi bagian dari studi pendahuluan menunjukkan bahwa siswa mengalami miskonsepsi dalam representasi visual tentang cahaya, penglihatan pada benda sumber cahaya, dan penglihatan pada benda bukan sumber cahaya, seperti menganggap Bulan sebagai benda bercahaya dan menggambarkan penglihatan dengan visualisasi mata yang melihat cahaya dari Bulan. Pembelajaran berbasis representasi visual yang lebih baik dapat membantu mengatasi miskonsepsi ini dan mendukung *Learning Progression* ke arah representasi visual yang lebih ilmiah (Adi et al., 2023). Sementara itu, temuan penelitian lain juga menunjukkan kasus miskonsepsi, yaitu terdapat kasus anak yang meyakini bahwa cahaya hanya ditemukan di daerah yang terang. Kita melihat sesuatu karena cahaya bergerak

dari mata kita menuju suatu benda, dan bulan adalah sumber cahaya. Bayangan selalu ada di dalam diri dan cahaya terang bisa mendorongnya keluar. Cahaya berwarna adalah cahaya putih dengan kotoran di dalamnya (Allen, 2014). Penelitian mengenai Materi “Sifat-Sifat Cahaya” yang berkaitan dengan proses penglihatan di sekolah dasar masih minim dilakukan. Salah satu penelitian membahas temuan miskonsepsi siswa SD mencakup sub materi yaitu bagaimana orang melihat, sifat penglihatan warna, interaksi cahaya dengan berbagai objek (objek transparan, tembus cahaya, dan buram; cermin), dan struktur serta fungsi mata manusia dan bagian-bagiannya (Anderson & Smith, 1986). Penelitian berikutnya yang menggunakan survei terhadap 122 guru sains SD untuk mengidentifikasi pandangan guru terhadap konsepsi yang dimiliki oleh siswa mereka. Cahaya menjadi salah satu miskonsepsi yang ditemukan, yang mana sub materi tentang benda-benda yang termasuk dalam sumber cahaya dan bayangan yang terbentuk pada benda karena efek cahaya Matahari termasuk didalamnya (Pine, Messer, & John, 2001). Lebih lanjut, perlu dikaji secara awal akan kemampuan representasi yang dimiliki oleh siswa dan guru di sekolah dasar pada materi tersebut. Penggunaan tes lima tingkat seperti ditunjukkan dalam beberapa penelitian terbukti efektif dalam mendiagnosis miskonsepsi siswa (Anam et al., 2019; Bayuni, Sopandi, & Sujana, 2018). Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, kasus yang ditemukan di lokasi penelitian pada studi pendahuluan, dan sumber belajar siswa sebagai subjek penelitian yang minim menggunakan berbagai jenis mode representasi menyebabkan banyaknya siswa yang teridentifikasi miskonsepsi atau kurangnya representasi pada Materi “Sifat-Sifat Cahaya”.

Berdasarkan identifikasi tersebut, perlu juga memahami secara mendalam penyebab miskonsepsi melalui kajian terhadap hambatan belajar (*learning obstacle*) siswa. Pada penelitian disebutkan bahwa hambatan belajar meliputi; hambatan ontogenik (pengetahuan siswa yang memiliki konteks terbatas), hambatan epistemologis (pengetahuan siswa yang memiliki konteks aplikasi terbatas), dan hambatan didaktis (karena sistem pendidikan) (Andini & Suryadi, 2017). Penelitian yang dilakukan terhadap 66 siswa kelas tiga ini mengidentifikasi adanya hambatan siswa dalam memahami masalah generalisasi pola aljabar sehingga dibutuhkan desain pembelajaran khusus dalam memfasilitasi siswa.

Dalam konteks pembelajaran sains (Carvalho et al., 2004), disebutkan dua jenis hambatan belajar; hambatan epistemologis yang terkait dengan konsepsi anak yang diperoleh dari kehidupan sehari-hari mereka, dan hambatan didaktis yang terkait dengan pengajaran formal yang tidak memadai. Hambatan siswa selama mempelajari sains yang berdampak pada penguasaan konsep siswa ini harus diatasi agar tidak terjadi ketimpangan antara standar yang seharusnya dapat dikuasai siswa dengan kondisi mereka secara riil saat ini.

Ketimpangan yang ditemukan menunjukkan betapa pentingnya penggunaan berbagai jenis mode representasi dalam proses pembelajaran, karena untuk menjelaskan konsep sains secara ilmiah, ilmuwan biasanya merepresentasikan suatu jenis pengetahuan agar mudah dipahami. Misalnya, representasi digunakan untuk memahami entitas dan fenomena yang terlalu kecil untuk diamati (atom, DNA, sel, dll.), terlalu besar (galaksi, bintang, lempeng tektonik, dll.), atau mungkin terjadi dalam rentang waktu yang sulit untuk dipahami (milidetik: reaksi kimia, milenium: evolusi), dan kompleks (umpan balik antara tingkat dan rentang waktu). Untuk memahami entitas dan fenomena yang tidak terlihat dan kompleks ini maka melibatkan pengimajinasian dan pemodelan secara terperinci; yang lebih lanjut disebut sebagai representasi. Melalui hal ini, siswa dapat berinteraksi, berimajinasi, dan belajar menghasilkannya dalam setiap praktik dan belajar dalam sains (Pande & Chandrasekharan, 2017). Kata “multi” dalam multi representasi dapat berarti berbagai mode representasi yang berbeda dengan berbagai tingkat abstraksi, dapat berarti berbagai level representasi, dan juga dapat berarti berbagai domain konten tentang Biologi (Tsui & Treagust, 2013). Berdasarkan hal ini, cakupan representasi sangatlah kompleks jika ingin dikaji secara keseluruhan. Para peneliti pendidikan semestinya memfokuskan kembali batasan kajian mereka agar relevan dipelajari oleh siswa SD.

Penting untuk dicatat bahwa telah cukup banyak penelitian pendidikan sains secara umum yang mengkaji representasi. Dalam muatan Kimia banyak membahas kurangnya peran level representasi (makroskopis, mikroskopis, sub mikroskopis, dan simbolis) dalam menjembatani antar level didalamnya, misalnya (Farida et al., 2017). Dalam muatan Biologi banyak membahas penggunaan representasi berbasis model untuk memfasilitasi abstraksi dari suatu konsep selain

melihat level dan konten, misalnya (Kadarusman et al., 2020). Dalam muatan Fisika banyak pembahasan ditujukan pada penggunaan berbagai mode representasi (verbal, visual, simbolik, matematika, dan *hands-on activity* seperti menulis argumentasi dan presentasi, serta laboratorium virtual) dalam proses pembelajaran dan mampu menggunakan cara yang paling tepat untuk menyelesaikan masalah yang diberikan, misalnya (Abdurrahman et al., 2015). Sedangkan kajian dalam penelitian ini, sains dalam muatan Fisika di jenjang sekolah dasar lebih berfokus pada penggunaan mode representasi verbal dan visual.

Para peneliti telah menemukan bahwa melalui pengintegrasian representasi (terutama representasi visual) dapat menghasilkan lingkungan belajar konseptual yang lebih baik. Namun begitu, guru perlu memastikan agar siswa mampu mengakses informasi, menggunakan informasi tersebut, dan kemudian menemukan cara yang efektif untuk mengintegrasikannya dalam membantu proses pembelajaran siswa. Melalui representasi, diharapkan dapat mendorong pengalaman pembelajaran sains yang konstruktif (Won et al., 2014). Temuan penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis representasi merupakan model yang paling efektif untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa berkemampuan awal “rendah” dan “sedang” (Sunyono & Meristin, 2018). Sementara, literatur menunjukkan bahwa pembelajaran di sekolah dan universitas sering meminta siswa menggunakan berbagai mode untuk membuat representasi dari pengetahuan sains mereka (Hoban et al., 2011). Bertemali dengan itu, pembelajaran sains harus memberikan representasi untuk membuat siswa memahami fenomena ilmiah (Anam, Widodo, & Sopandi, 2019). Namun, inti dari pembelajaran berbasis representasi adalah bagaimana pendekatan ini dapat membantu siswa merepresentasikan pemahaman mereka tentang suatu konsep dan membangun representasi lainnya (Suminar et al., 2017). Selanjutnya, para praktisi dan akademisi yang berkecimpung dalam bidang ini dapatlah berasumsi terhadap pembelajaran siswa yang selalu berkembang. Melalui analisis yang lebih mendalam dari strategi belajar siswa tentang representasi, sangatlah mungkin untuk dicapai melalui penelitian mikrogenetik yang mengkaji pembelajaran yang berkembang.

Penelitian ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang desain pembelajaran yang paling relevan dalam memfasilitasi siswa untuk berkembang dari konsep yang naif menjadi lebih mutakhir sehingga terjadi perubahan konseptual. Pembelajaran dalam pendidikan sains secara khusus sering dimodelkan sebagai perubahan konseptual, proses di mana satu konsep atau serangkaian konsep berubah dari waktu ke waktu (Brock & Taber, 2017). Oleh karena itu, penelitian dengan metode mikrogenetik akan memudahkan peneliti agar mampu membuat hubungan dengan proses pembelajaran. Artinya, perkembangan kemampuan siswa (dalam ranah tertentu) yang dilihat dalam proses pembelajaran mengartikan keterkaitan metode penelitian ini dengan *Learning Progression*.

Learning Progression memiliki potensi untuk mengatur standar, penilaian, dan pengajaran dengan cara mempromosikan literasi ilmiah (Gotwals & Alonzo, 2012). Beberapa peneliti berfokus pada mendefinisikan hubungan yang jelas antara pengajaran dan kerangka *Learning Progression* di awal proses desain mereka dan kemudian mengembangkan bahan ajar yang memiliki urutan pengajaran yang sangat spesifik dan terencana yang terkait erat dengan perkembangan dari satu tingkat ke tingkat berikutnya (Gunckel et al., 2012). Penelitian pendidikan sains yang berfokus pada *Learning Progression* memiliki keuntungan dalam mendeskripsikan secara kualitatif pembelajaran siswa ketika berkembang dari permulaan hingga menjadi tingkat yang lebih mutakhir. Hal ini memberikan kesempatan untuk menyelaraskan kurikulum, pembelajaran, dan penilaian dengan lebih baik dan untuk mengantisipasi kesulitan yang dialami siswa terhadap konstruk pembelajaran yang diberikan (Breslyn et al., 2016). Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, kajian mengenai *Learning Progression* dapat memberikan peneliti akademisi dan praktisi gambaran untuk dapat mengembangkan pembelajaran dan berbagai macam perangkatnya. Melalui hal ini pula, metode mikrogenetik menjadi salah satu yang mampu memberikan gambaran terbaik mengenai perkembangan tersebut.

Perubahan konseptual mengisyaratkan adanya *Learning Progression*. Salah satu penelitian tentang ini menunjukkan bahwa proses belajar sains tidak bergerak secara linear dan progresif, melainkan bergerak secara acak dan dapat bergerak

mundur dan maju (Hamid et al., 2017a). Proses perubahan konseptual yang tahan lama membutuhkan model pembelajaran yang memiliki urutan aktivitas pembelajaran yang logis, seperti *Constructivist Teaching Sequences* (CTS) sebagai salah satunya (Widodo, 2021). Beberapa penelitian yang menggunakan fasilitasi pembelajaran CTS melalui aktivitas Pendahuluan, Eksplorasi, Restrukturisasi, Aplikasi, dan *Review* dapat meningkatkan mental model siswa pada materi listrik dan magnet (Hamid et al., 2017b) dan representasi siswa pada materi konveksi dan konduksi panas (Anam et al., 2023). Sebelumnya, identifikasi terhadap miskonsepsi yang mungkin terjadi pada siswa diperlukan untuk mengembangkan pembelajaran yang hendak dirancang sedemikian rupa (Al khawaldeh & Al Olaimat, 2010).

Kata “mikrogenetik” diciptakan oleh Werner untuk mendeskripsikan perkembangan aktivitas manusia seperti mengamati, berpikir, bertindak, dll, selama rentang waktu mulai dari detik hingga hari. Istilah genetika disini mengacu pada asal-usul ide, dan bukan bagian dari kromosom. Selain itu, istilah mikrogenetik disini juga berbeda dengan mikrogenetik versi Vygotsky, bahwa dia menggunakan istilah ini untuk merujuk perkembangan jangka pendek dari tindakan psikologis tunggal dan juga untuk serangkaian perubahan perkembangan yang terjadi selama sesi eksperimental. Sedangkan mikrogenetik disini digunakan untuk memberi label pendekatan metodologis untuk menyelidiki pembelajaran, bukan untuk apa yang sedang diselidiki. Singkatnya, metode mikrogenetik adalah teknik untuk mengeksplorasi *Learning Progression* secara detail melalui pengamatan berulang dan berfrekuensi tinggi dari kinerja siswa dalam beberapa aktivitas (Brock & Taber, 2017). Sejalan dengan itu, disampaikan pula bahwa metode mikrogenetik merupakan salah satu pendekatan penelitian yang menjanjikan untuk mempelajari proses perubahan dan perbedaan individu dalam perkembangan, dan bukan produk. Pengertian tersebut juga menjadi tujuan utama dari penerapan metode mikrogenetik. Fokus dari metode penelitian ini adalah pada perubahan momen demi momen yang diamati dalam periode waktu yang relatif singkat (minggu hingga bulan) untuk jumlah sesi (aktivitas) yang diperbanyak, namun mampu melihat periode perkembangan yang berubah dengan cepat. Dalam hal ini juga berarti bahwa peneliti ingin melihat perkembangan

dengan mempercepat prosesnya atau mengamati dengan berhati-hati (Lavelli et al., 2008).

Kebermanfaatan metode mikrogenetik dapat diamati dari salah satu penelitian mikrogenetik yang menggunakan pelatihan untuk melatih kemampuan pemecahan masalah anak umur delapan tahun (SD) mengenai analogi gambar (Resing et al., 2017). Peneliti menggunakan desain eksperimen dan bukannya mengamati secara alami. Data mikrogenetik yang terdiri dari data bertingkat diambil dari analisis pengukuran berulang yang mana sering digunakan untuk menganalisis data yang berasal dari pengukuran berulang dari individu yang sama. Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi antara pelatihan dan konstruksi jawaban membantu memperdalam pemahaman anak-anak.

Beberapa studi telah meneliti penguasaan siswa SD terhadap konsep cahaya. Namun, mayoritas dari penelitian tersebut hanya mengungkap profil awal siswa saja (Nurfiyanti et al., 2020; Suryani, 2018; Wahyuningsih et al., 2017) atau menggambarkan kondisi awal yang dibandingkan dengan kondisi akhir setelah melalui suatu perlakuan (Haidar et al., 2020; Margunayasa et al., 2021). Sementara itu, terdapat dua penelitian yang mengkaji *Learning Progression* siswa dalam menguasai konsep cahaya namun dengan konteks lintas jenjang, yaitu pemahaman cahaya sebagai sebuah energi dari siswa kelas 2-6 SD (Mann & Treagust, 2010) dan pemahaman waktu rambat cahaya dengan subjek siswa SD dan SMP (Ravanis, 2019). Berdasarkan *gap* yang ditemukan ini, belum ditemukan penelitian yang secara komprehensif mengkaji *Learning Progression* siswa SD selama periode pra-proses-pasca mereka mengikuti pembelajaran. Oleh karena itu, dibutuhkan gambaran yang detail namun dalam waktu yang singkat sehingga kehadiran penelitian ini bermaksud mengisi *gap* tersebut.

Penelitian ini memperkenalkan penggunaan metode mikrogenetik untuk meneliti *Learning Progression* representasi siswa SD yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Studi sebelumnya meneliti perkembangan representasi siswa kelas 5 SD tentang optik namun tidak menggunakan metode mikrogenetik (Xu et al., 2021), atau meneliti perkembangan mental model siswa SD tentang magnet melalui fasilitasi model pembelajaran CTS yang cenderung ke arah kajian mikrogenetik (Hamid et al., 2017b), dan meneliti perkembangan representasi

siswa kelas 5 SD tentang konsep konveksi melalui fasilitasi model pembelajaran CTS (Anam et al., 2023). Penelitian ini mengembangkan tes diagnostik yang digunakan untuk mengukur representasi siswa, skenario pembelajaran dengan model CTS, dan LKPD berbasis model pembelajaran CTS yang digunakan selama fasilitasi terhadap periode pra-proses-pasca pembelajaran. Gambaran terhadap pola dan mikrogenetik perkembangan representasi didapatkan setelah melalui analisis terhadap data perkembangan representasi siswa. Hal ini dapat digunakan sebagai rekomendasi bagi penyelarasan kurikulum, desain pembelajaran, dan penilaian terhadap konteks terkait. *Novelty* temuan ini tidak hanya mengisi *gap* secara teoretis namun juga memberikan solusi praktis terhadap kajian *Learning Progression* yang baru.

Akhirnya, penelitian ini mengungkap *Learning Progression* siswa mengenai representasi mereka pada Materi “Sifat-Sifat Cahaya”. Untuk memahaminya dengan baik, maka peneliti menggunakan metode mikrogenetik. Alih-alih dalam lingkungan yang alami, peneliti mencoba menerapkan pembelajaran berbasis representasi terhadap siswa untuk memfasilitasi perkembangan representasi mereka. Penelitian ini mengambil dua pendekatan untuk digunakan secara bersamaan, yaitu mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif secara bersamaan lalu menganalisisnya, untuk kemudian menginterpretasikan berdasarkan perbandingan antara kedua jenis data tersebut.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan penelitian yang telah diuraikan maka ditemukan permasalahan utama dalam penelitian ini adalah masih banyaknya siswa yang memiliki profil awal miskonsepsi atau kurang representasi sehingga dibutuhkan fasilitasi terhadap perkembangan *Learning Progression* representasi siswa sekolah dasar tentang materi sifat-sifat cahaya. Analisis terhadap pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan dapat menyajikan gambaran dari temuan *Learning Progression* yang konsisten dan saling mendukung. Berdasarkan rumusan masalah tersebut, kemudian memunculkan pertanyaan penelitian yang ingin dijawab berikut.

1. Bagaimana pola perkembangan representasi siswa sekolah dasar pada materi sifat-sifat cahaya?
2. Bagaimana mikrogenetik perkembangan representasi siswa sekolah dasar pada materi sifat-sifat cahaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan gambaran *Learning Progression* mengenai:

1. Pola perkembangan representasi siswa sekolah dasar pada materi sifat-sifat cahaya.
2. Mikrogenetik perkembangan representasi siswa sekolah dasar pada materi sifat-sifat cahaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis, yang dipaparkan sebagai berikut.

1. Manfaat Teoretis

Secara teoretis, penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang *Learning Progression* siswa mengenai perkembangan penguasaan representasi mereka terhadap salah satu konsep dalam pembelajaran sains. Pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan yang diteliti secara mendalam dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam kajian penelitian yang relevan bagi para peneliti akademisi dan praktisi yang berkecimpung dalam *research interest* yang serupa.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini tidak hanya berfokus dalam mendeskripsikan peningkatan representasi siswa namun lebih mendalam daripada itu, yaitu mendeskripsikan secara mendalam bagaimana representasi siswa dapat berkembang ke arah yang lebih ilmiah. Alih-alih sekedar meneliti pemahaman konsep, penelitian ini mengkaji urgensi penguasaan siswa terhadap representasi sebagai bahasa ilmiah dalam komunikasi sains agar siswa memiliki penguasaan yang komprehensif. Oleh karena itu, penelitian

ini secara praktis dapat memberikan pertimbangan untuk penyesuaian kurikulum, desain pembelajaran, dan penilaian yang dapat memfasilitasi siswa untuk berkembang. Pertimbangan penyesuaian kurikulum didasarkan pada batasan penguasaan representasi siswa sesuai dengan pemetaan konsep yang dikembangkan baik berdasarkan kajian kurikulum maupun temuan *Learning Progression*. Kajian mengenai *Learning Progression* dapat memberikan peneliti akademisi dan praktisi kesempatan untuk dapat mengembangkan skenario pembelajaran konstruktivisme yang berbasis representasi dan berbagai macam perangkat pembelajaran yang bertemali terhadap perkembangan setiap kasus siswa dalam belajar, LKPD salah satunya. Pengukuran terhadap penguasaan representasi verbal dan visual yang diinterpretasikan pada berbagai level dapat memberikan pertimbangan di bidang penilaian yang komprehensif seperti pengembangan tes diagnostik yang mengombinasikan beberapa jenis tes. Adapun beberapa pertimbangan ini merupakan rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini kepada pembuat kebijakan, akademisi, dan praktisi yang membantu mereka dalam penyesuaian kurikulum, desain pembelajaran, serta penilaian yang memfasilitasi perkembangan representasi siswa.

1.5 Struktur Organisasi Disertasi

Penulisan disertasi ini terdiri dari lima bab secara urut dan memiliki keterkaitan satu sama lain sebagai sebuah kerangka utuh. Adapun gambaran dari kandungan setiap bab dipaparkan sebagai berikut.

Bab I Pendahuluan; menguraikan permasalahan yang terjadi secara praktis di sekolah dan secara teoretis dari beberapa temuan penelitian mengenai representasi siswa pada suatu materi dalam pembelajaran sains. Seolah tidak kunjung usai, penelitian yang menganalisis *Learning Progression* siswa secara mendetail diharapkan dapat menjawab pertanyaan penelitian mengenai pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan. Harapannya, penelitian ini dapat memberikan masukan terhadap penyesuaian kurikulum, desain pembelajaran, dan penilaian yang relevan terhadap *Learning Progression* siswa.

Bab II Kajian Pustaka; mendeskripsikan mengenai sintesa dari teori-teori yang membahas karakteristik pembelajaran sains di sekolah dasar, *Learning Progression* dan representasi, serta temuan-temuan dari penelitian yang relevan. Metode mikrogenetik dibahas secara rinci disini sebagai alat untuk mengamati *Learning Progression* siswa. Pembelajaran melalui model CTS diuraikan sebagai panduan fasilitasi perkembangan representasi siswa. Kerangka pikir penelitian digambarkan sebagai visualisasi alur cara berpikir dalam penelitian ini.

Bab III Metode Penelitian; bagian ini memuat bagaimana desain penelitian *mix method* dilakukan dengan pendekatan mikrogenetik dalam mengkaji *Learning Progression*. Subjek penelitian yang merupakan siswa sekolah dasar dari pinggiran kota diamati selama perkembangan. Bagian prosedur penelitian dijelaskan secara teknis sesuai dengan praktik yang dilakukan. Adapun pada instrumen penelitian dan pengumpulan data dibahas mengenai pengembangan tes diagnostik yang digunakan dalam mengukur representasi. Pada bagian analisis data, dideskripsikan bagaimana data mentah mengenai representasi diolah hingga dapat disajikan untuk dapat dipelajari. Pada bagian terakhir bab ini dibahas keterbatasan penelitian ini.

Bab IV Temuan dan Pembahasan; menyajikan temuan penelitian mengenai pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan *Learning Progression* setelah diolah melalui teknik analisis data. Adapun setiap penyajian temuan kemudian diikuti dengan pembahasan berdasarkan teori atau temuan penelitian yang relevan sehingga bersifat terintegrasi. Pada bagian ini merupakan upaya dalam menjawab pertanyaan penelitian secara mendalam.

Bab V Simpulan, Implikasi, dan Rekomendasi; memuat simpulan yang menjawab pertanyaan penelitian dengan ringkas mengenai pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan. Pada bagian implikasi dipaparkan sebagai dampak dari penelitian ini terhadap pengembangan kurikulum dan pembelajaran, serta penilaian yang relevan terhadap perkembangan representasi. Sementara itu, rekomendasi diberikan terhadap keberlanjutan kajian *Learning Progression* di sekolah dan penelitian lanjutan.