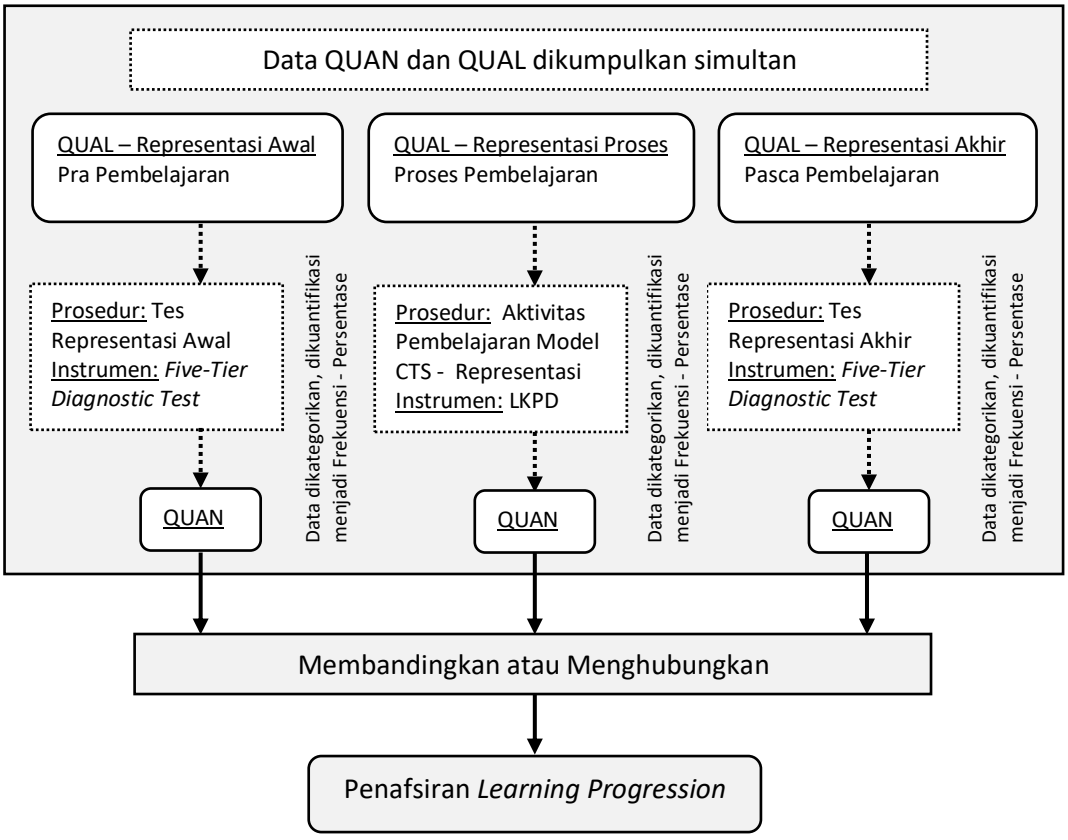
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, gambaran dari pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan representasi siswa didapatkan setelah melalui analisis terhadap data penguasaan representasi siswa dari pra pembelajaran, proses pembelajaran, hingga pasca pembelajaran. Penelitian ini menggunakan metode penelitian *mix method* dengan desain *The Convergent Parallel Design* dikarenakan bertujuan mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif secara bersamaan, menggabungkan kedua jenis data tersebut, dan menggunakan hasilnya dalam memahami permasalahan penelitian (Creswell, 2012). Adapun desain penelitian tersebut dapat diamati pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian *The Convergent Parallel Design*

Penelitian ini mengumpulkan data kualitatif yang dikonversi menjadi data kuantitatif. Hal ini bersesuaian pada *Convergent Design Analysis*, yaitu ketika

data QUAN dan QUAL dikumpulkan secara simultan, data kualitatif dapat dikuantifikasi untuk dibandingkan datanya secara langsung dengan hasil statistik (Creswell, 2012). Desain *Convergent* yang di dalam referensi lainnya disebut sebagai Desain Triangulasi memang dapat melibatkan konversi satu jenis data ke jenis data lainnya, dalam kasus penelitian ini adalah konversi data kualitatif menjadi data kuantitatif yang disebut sebagai *quantitizing* (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2012). Adapun penelitian ini mengumpulkan data QUAN dan QUAL dari penguasaan representasi satu kelompok siswa pada titik awal, antara, dan akhir secara simultan sehingga dapat diketahui gambaran perkembangannya.

Data kualitatif dari penelitian ini dikumpulkan dari hasil pengerjaan siswa terhadap tes diagnostik mengenai representasi siswa secara umum (verbal dan visual) dan hasil pengerjaan LKPD pada aktivitas model pembelajaran CTS (verbal). Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk dikategorikan berdasarkan level-level representasi secara umum. Pada bagian representasi visual dalam hasil pengerjaan siswa terhadap tes diagnostik juga dikategorikan berdasarkan level-level representasi visual. Variasi dan perubahan dari pola perkembangan serta mikrogenetik perkembangan selama rentang pra-proses-pasca pembelajaran merupakan sumber data kualitatif dalam penelitian ini. Setelah masing-masing data dikategorikan kemudian dikuantifikasi berdasarkan frekuensi atau persentase sehingga diperoleh data kuantitatif yang dapat menguatkan data kualitatif. Pengumpulan kedua jenis data tersebut saling menguatkan sehingga penafsiran terhadap perbandingan analisis kedua jenis data bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam mengenai perkembangan siswa selama tahapan pembelajaran. Temuan penelitian dan pembahasan antara kedua jenis data tersebut dideskripsikan secara berdampingan.

Pola *Learning Progression* yang diteliti terkait dengan representasi siswa selama mengikuti pra pembelajaran, proses pembelajaran, hingga pasca pembelajaran. Representasi siswa SD dalam penelitian ini difokuskan pada Materi “Sifat-Sifat Cahaya” yang terbagi lagi menjadi beberapa konsep dan subkonsep. Perkembangan representasi siswa yang digambarkan dapat membentuk pola-pola perubahan pada setiap konsep dalam tahapan pembelajaran. Selain menganalisis pola, metode mikrogenetik juga digunakan dalam menganalisis *Learning*

Progression secara lebih mendalam. Metode mikrogenetik adalah teknik untuk mengeksplorasi *Learning Progression* secara detail melalui pengamatan berulang dan berfrekuensi tinggi dari kinerja siswa dalam beberapa aktivitas (Brock & Taber, 2017b). Ahli metode mikrogenetik sendiri mengungkapkan penelitian-penelitian yang dapat disebut sebagai "mikrogenetik" setidaknya harus memenuhi syarat seperti: (1) pengamatan mencakup periode yang mana terjadinya perubahan cepat pada penguasaan tertentu, (2) pengamatan dalam periode ini sangatlah padat, serta (3) pengamatan menjadi sasaran analisis uji coba demi uji coba yang intensif, dengan tujuan menyimpulkan proses yang menimbulkan perubahan (Opfer & Siegler, 2004). Sejalan dengan itu, ahli lain mendefinisikan metode mikrogenetik dengan karakteristik kunci, yaitu: (1) individu yang berubah adalah unit dasar analisis perkembangan; (2) pengamatan dilakukan sebelum, selama, dan setelah perubahan terjadi; (3) Pengamatan dilakukan pada interval waktu yang jauh lebih pendek daripada interval waktu yang diperlukan untuk perkembangan terjadi secara alamiah; dan (4) Perilaku yang diamati dianalisis secara intensif baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Lavelli et al., 2008).

3.2 Subjek dan Lokasi Penelitian

Tempat penelitian ini berlokasi di sebuah SD wilayah Kabupaten Kendal Provinsi Jawa Tengah yang berada di daerah pinggiran kota, lebih tepatnya berada di perbatasan antara Kabupaten Kendal dan Kota Semarang. Setiap jenjang dari sekolah tersebut terdiri dari dua rombongan belajar. Oleh karena Materi "Sifat-Sifat Cahaya" pada Kurikulum 2013 tingkat SD berada pada jenjang kelas 4 SD maka penelitian dilakukan pada kelas 4 SD. Jumlah keseluruhan siswa kelas 4 SD adalah 55 siswa yang terbagi menjadi 28 siswa kelas 4A dan 27 siswa kelas 4B. Siswa kelas 4B dipilih menjadi subjek penelitian dikarenakan memiliki intensitas fasilitasi pembelajaran sains inovatif yang lebih sering oleh guru tersertifikasi pendidik. Namun begitu, penguasaan sains satu kelompok siswa ini masih berada pada rentang kemampuan rata-rata di kelas. Guru sering mencari sumber belajar berbasis daring dikarenakan keterbatasan sumber belajar utama berupa buku siswa, meskipun kurang terarah kredibilitasnya. Selain itu, siswa sebagai subjek

penelitian belum pernah mempelajari sains dengan fasilitasi pembelajaran model CTS dan representasi.

Pemilihan partisipan dalam penelitian ini menggunakan sampling purposif yang dipilih secara sengaja dan dengan penuh perencanaan agar dapat membantu masalah yang diteliti (Creswell, 2016). Ketika jumlah partisipan relatif tinggi maka sesi pengamatan dapat dilakukan dengan kepadatan yang lebih rendah. Sementara itu, analisis kuantitatif umumnya dilakukan oleh penelitian mikrogenetik dengan jumlah partisipan yang tinggi namun penyesuaian perlu dilakukan terhadap konteks pertanyaan penelitian yang memungkinkan analisis kuantitatif-kualitatif (Brock & Taber, 2017b). Pemilihan kelompok siswa sebagai subjek dalam penelitian ini dilatarbelakangi oleh maksud peneliti untuk memfokuskan pada subjek yang paling relevan. Intensitas yang lebih sering dalam mempelajari sains secara inovatif di kelas merupakan alasan pemilihan sampling meskipun subjek belum pernah mempelajari penguasaan representasi yang terintegrasi dalam pembelajaran IPA. Hal ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan data yang lebih mendalam dari setiap siswa yang memiliki pengetahuan atau pengalaman yang relevan dengan topik penelitian. Ketika n tinggi maka setidaknya pengamatan dilakukan pada tiga rentang waktu dari tahapan pembelajaran, yaitu pra pembelajaran, proses pembelajaran, dan pasca pembelajaran demi mendapatkan data yang mendalam.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan melalui tahapan-tahapan yang diuraikan sebagai berikut.

1. Tahap Pendahuluan

a. Pengembangan skenario aktivitas pembelajaran yang mengacu pada model pembelajaran CTS. Aktivitas pembelajaran yang meliputi Pendahuluan, Eksplorasi, Restrukturisasi, Aplikasi, dan *Review* terdiri dari aktivitas mengajar yang dilakukan oleh guru dan aktivitas belajar yang dilakukan oleh siswa. Adapun penguasaan representasi diintegrasikan ke dalam kegiatan-kegiatan pembelajaran yang ada dalam aktivitas-aktivitas pembelajaran tersebut. Skenario pembelajaran dapat dilihat lebih lanjut pada

Lampiran 1. Selain itu, LKPD yang berisikan kegiatan pembelajaran yang menyesuaikan urutan aktivitas model pembelajaran CTS turut dikembangkan. Secara teknis, LKPD digunakan untuk membantu fasilitasi pembelajaran dengan panduan kegiatan pembelajaran dan penyediaan isian untuk siswa merepresentasikan penguasannya selama proses pembelajaran. LKPD model pembelajaran CTS dapat dilihat lebih lanjut pada Lampiran 2.

b. Pengembangan tes diagnostik dengan jenis *five-tier diagnostic test* sebagai instrumen penelitian untuk mengukur penguasaan representasi siswa. Pengembangan tes diagnostik secara mendasar dilakukan bersama dengan para pembimbing. Untuk mengetahui sukar atau mudahnya siswa memahami pertanyaan representasi verbal dan visual dalam tes diagnostik tersebut, uji keterbacaan dilakukan kepada 15 siswa SD dan 10 guru SD dan mendapatkan masukan yang berguna dalam perbaikan. Setelah melalui perbaikan keterbacaan, uji validitas dan reliabilitas dilakukan dengan meminta pendapat terhadap tiga dosen eksternal dan dua guru profesional serta mengujinya terhadap 227 siswa SD diluar subjek penelitian ini. Tes diagnostik dapat dilihat lebih lanjut pada Lampiran 3.
c. Berkolaborasi dengan guru model untuk mendiskusikan skenario aktivitas pembelajaran, penggunaan LKPD, dan instrumen tes diagnostik agar mendapatkan masukan sehingga pelaksanaan penelitian dapat menjadi lebih efektif.

2. Tahap Persiapan

a. Menyiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan selama penelitian berlangsung seperti LKPD, lembar penilaian, pendukung kegiatan pembelajaran/percobaan, dan lainnya.
b. Melakukan diskusi bersama dengan guru kaitannya dengan simulasi terhadap aktivitas pembelajaran dan mematangkan kembali representasi ilmiah yang dikuasai oleh guru.

3. Tahap Penerapan

a. Mendiagnosis profil representasi awal siswa melalui tes diagnostik untuk mengetahui penguasaan representasi siswa terhadap Materi “Sifat-Sifat Cahaya” sebelum dilaksanakannya pembelajaran dengan materi tersebut

menggunakan model pembelajaran CTS. Hasil diagnosis digunakan untuk lebih menyesuaikan skenario pembelajaran kaitannya dengan pendekatan terhadap kasus-kasus siswa yang memiliki representasi belum ilmiah.

b. Melaksanakan pembelajaran melalui aktivitas-aktivitas model pembelajaran CTS dengan memadukan penguasaan representasi dan memastikan siswa merepresentasikan idenya melalui LKPD. Aktivitas-aktivitas pembelajaran tersebut meliputi: Pendahuluan yang digunakan untuk menyiapkan siswa sebelum memulai pembelajaran, Eksplorasi yang digunakan untuk mendiagnosis representasi awal siswa, Restrukturisasi yang digunakan untuk memfasilitasi pembelajaran sehingga siswa dapat membandingkan representasi baru yang diterimanya dengan representasi awalnya, Aplikasi yang digunakan untuk mengaplikasikan representasi barunya pada konteks lain, dan *Review* yang digunakan untuk menilai representasi yang sudah dikonstruknya.
c. Melaksanakan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan dan sebagai bahan perbaikan untuk optimalisasi pembelajaran pada konsep berikutnya.
d. Mengumpulkan data representasi akhir untuk dibandingkan dengan representasi pada proses pembelajaran dan pra pembelajaran.

4. Tahap Akhir

a. Menganalisis representasi siswa pada pra pembelajaran, proses pembelajaran, dan pasca pembelajaran.
b. Memetakan pola perkembangan *Learning Progression* setiap siswa pada setiap konsep.
c. Menganalisis sumber, luas, jalur, laju, dan variabilitas perkembangan siswa selama mengikuti tahapan pembelajaran.
d. Memetakan mikrogenetik perkembangan siswa.

3.4 Instrumen Penelitian

Tes diagnostik dengan jenis *five-tier diagnostic test* merupakan instrumen penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data penguasaan representasi siswa pada pra pembelajaran dan pasca pembelajaran. Adapun data penguasaan

representasi yang dikumpulkan adalah representasi secara umum dan representasi visual. Selain itu, instrumen kedua adalah LKPD model pembelajaran CTS yang dimanfaatkan sebagai fasilitasi perkembangan representasi siswa pada proses pembelajaran.

1. Pengembangan *Five-Tier Diagnostic Test*

Five-Tier Diagnostic Test dalam konteks penelitian ini difungsikan dalam mendiagnosis representasi siswa pada konsep cahaya. Oleh karena, pengembangan tes diagnostik untuk mengidentifikasi konsepsi siswa disarankan: (a) menganalisis konsep yang sering ditemukan adanya kasus siswa dengan konsepsi yang belum ilmiah; (b) memilih jenis tes diagnostik dengan mempertimbangkan kelebihan dan kelemahannya; dan (c) mengombinasikan dua jenis tes diagnostik (Soeharto et al., 2019). Pertama, konsep cahaya merupakan salah satu konsep sains di SD yang banyak ditemukan siswa dengan kurangnya pengetahuan dan miskonsepsi. Kedua, *five-tier diagnostic test* memiliki banyak kelebihan dalam kegunaannya dan dikarenakan kebutuhan terhadap identifikasi representasi. Ketiga, pengembangan *five-tier diagnostic test* mengombinasikan jenis tes pilihan ganda dengan tingkat keyakinan dan tes menggambar.

Pengembangan tes diagnostik dalam penelitian ini mengikuti tahapan versi modifikasi dari Treagust (Caleon & Subramaniam, 2010), yang meliputi:

a. *Defining the Content Boundaries of the Study*; peta konsep yang menentukan batasan pengembangan instrumen mengacu pada Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018 pada KD 3.7. Menerapkan sifat-sifat cahaya dan keterkaitannya dengan indera penglihatan, NGSS Lead States, 2013 pada 4-PS4-2. *Develop a model to describe that light reflecting from objects and entering the eyes allows objects to be seen*, dan TIMSS 2019 Assessment Framework pada *Light and sound in everyday life: Relate familiar physical phenomena to the behavior of light*. Berdasarkan kajian tersebut, batasan konten dalam tes diagnostik yang dikembangkan berfokus pada konsep Syarat Benda Dapat Terlihat, Cahaya Dapat Dipantulkan, Cahaya Menembus Benda Bening, Cahaya Tidak Dapat Menembus Benda Gelap, dan Cahaya Dapat Diuraikan dengan sebaran soal seperti terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Distribusi Soal pada Setiap Konsep

Indikator	Konsep	Nomor Soal
Indikator 1	Syarat Benda Dapat Terlihat	1, 2
Indikator 2	Cahaya Dapat Dipantulkan	3, 4, 5, 6, 7
Indikator 3	Cahaya Menembus Benda Bening	8, 9, 10
Indikator 4	Cahaya Tidak Dapat Menembus Benda Gelap	11, 12
Indikator 5	Cahaya Dapat Diuraikan	13, 14, 15

b. *Exploratory Phase*; representasi alternatif disusun berdasarkan analisis dari temuan penelitian terbaru, observasi pembelajaran, dan wawancara kepada setiap siswa.
c. *Content Validation and Piloting*; soal pada tingkat 1 (jawaban), 3 (alasan), dan 5 (menggambar) diserahkan kepada 15 siswa SD untuk dibaca dan dipahami maksud keterbacaannya lalu diperbaiki dan diserahkan kepada 10 guru SD untuk diuji keterbacaannya menurut persepsi guru. Beberapa masukan didapatkan seperti pada bagian pembuka soal tingkat 1 diberikan konteks yang dekat dengan kehidupan siswa dan gambar yang memudahkan mereka dalam mengimajinasikan suatu fenomena. Selain itu, pada tingkat 5 tidak dibiarkan berupa kolom kosong namun sudah memuat gambar sehingga siswa dapat melanjutkan gambarnya. Setelah diperbaiki, instrumen kemudian diserahkan kepada tiga dosen eksternal berkualifikasi doktoral dan dua guru profesional sebagai e*xpert judgment*. Secara umum, hasil penilaian pada konten, konstruk, dan bahasa menunjukkan capaian pada kategori Sangat Valid dalam rentang 81-100 (Riduwan & Akdon, 2020) seperti terlihat pada Tabel 3.2. Terakhir, uji coba dilakukan kepada 227 siswa yang berasal dari empat SD/MI yang berbeda dan bukanlah subjek penelitian. Berdasarkan uji validitas dan reliabilitas secara statistik, dua soal direkonstruksi agar tetap dapat digunakan untuk menguji subjek penelitian. Tes diagnostik yang valid dan reliabel dapat secara cermat memberikan informasi yang berguna bagi progres belajar siswa. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan tes diagnostik dengan prosedur yang sesuai (Dewi et al., 2022). Validitas eksternal dihitung menggunakan *Corrected Item-Total Correlation* dengan r table 5% dan n= 227, maka hasil uji dinyatakan valid jika > 0,1303. Berdasarkan uji statistik, semua item tes diagnostik dinyatakan valid.

Sementara, reliabilitas dihitung menggunakan Cronbach's Alpha dan dikatakan reliabel jika hasil ujinya > 0,60. Berdasarkan uji statistik, semua item tes diagnostik dinyatakan reliabel. Hasil uji validitas dan reliabilitas disajikan melalui Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.2 Hasil Validasi *Expert Judgment*

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase	Kriteria
	Isi		
1	Soal dan pilihan jawaban dirumuskan dengan jelas sesuai dengan sub-sub topik sifat-sifat cahaya	93,87	Sangat Valid
2	Kesesuaian paket soal dengan indikator penilaian	94,67	Sangat Valid
3	Kejelasan batasan konteks masalah pada paket soal	94,13	Sangat Valid
4	Kejelasan maksud soal verbal, tingkat keyakinan, dan soal visual yang disajikan	93,07	Sangat Valid
5	Kesesuaian kalimat pertanyaan dengan representasi verbal & visual	92,80	Sangat Valid
6	Kesesuaian gambar atau visualisasi sejenisnya dengan konteks masalah yang disajikan pada soal	92,53	Sangat Valid
	Konstruk		
1	Kejelasan perumusan petunjuk/perintah pengerjaan tiap paket soal atau masing-masing tingkat soal	92,27	Sangat Valid
2	Tidak adanya petunjuk pada soal untuk memilih jawaban yang ilmiah/benar	90,40	Sangat Valid
3	Setiap paket soal dapat mengidentifikasi miskonsepsi siswa	90,13	Sangat Valid
4	Pilihan alasan jawaban (tingkat ketiga) dapat mengungkapkan penyebab miskonsepsi siswa	89,87	Sangat Valid
5	Pilihan alasan jawaban (tingkat ketiga) bersifat rasional dan homogen dengan jawaban pada tingkat pertama	90,40	Sangat Valid
6	Panjang pilihan jawaban (tingkat pertama) dan alasan jawaban (tingkat ketiga) relatif sama	89,60	Sangat Valid
	Bahasa		
1	Soal menggunakan bahasa Indonesia yang baku	91,73	Sangat Valid
2	Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan siswa SD/MI	93,33	Sangat Valid
3	Soal tidak mengandung pernyataan atau pertanyaan yang negatif atau ganda	93,33	Sangat Valid
4	Setiap paket soal dinyatakan secara jelas serta komunikatif	90,93	Sangat Valid

5	Rumusan paket soal tidak mengandung kata-kata yang dapat menyinggung perasaan siswa	95,20	Sangat Valid
	Rerata	92,25	Sangat Valid

Tabel 3.3 Hasil Uji Validitas

Item	Corrected Item-Total Correlation	r table 5%; n: 227	Kriteria
Soal 1	0.471	0.1303	Valid
Soal 2	0.481	0.1303	Valid
Soal 3	0.310	0.1303	Valid
Soal 4	0.512	0.1303	Valid
Soal 5	0.547	0.1303	Valid
Soal 6	0.344	0.1303	Valid
Soal 7	0.325	0.1303	Valid
Soal 8	0.457	0.1303	Valid
Soal 9	0.390	0.1303	Valid
Soal 10	0.553	0.1303	Valid
Soal 11	0.335	0.1303	Valid
Soal 12	0.390	0.1303	Valid
Soal 13	0.597	0.1303	Valid
Soal 14	0.427	0.1303	Valid
Soal 15	0.394	0.1303	Valid

Tabel 3.4 Hasil Uji Reliabilitas

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.816	15

d. *Construction, Administration, and Validation*; hasil uji coba digunakan untuk lebih menyempurnakan instrumen tes diagnostik agar membentuk 15 item versi akhir. Struktur *five-tier diagnostic test* dalam penelitian ini mengikuti pengembangan serupa (Anam et al., 2019), yaitu tingkat 1 berupa pertanyaan utama (representasi verbal), tingkat 2 adalah keyakinan menjawab, tingkat 3 berupa alasan terhadap jawaban (representasi verbal), tingkat 4 adalah keyakinan menjawab, dan tingkat 5 berupa menggambar berdasarkan alasan dari jawaban (representasi visual). Pedoman interpretasi disusun untuk memudahkan dalam menginterpretasikan hasil pengerjaan siswa. Pada teknisnya, siswa selalu didampingi pada setiap progresnya dalam mengerjakan tes, misalnya dengan cara mengingatkan untuk tingkat 2 diisi berdasarkan keyakinan terhadap tingkat 1 dan untuk tingkat 4 diisi

berdasarkan keyakinan terhadap tingkat 3. Hal yang sama juga dilakukan pada tingkat 3 untuk tingkat 1, bahwa keduanya saling berkaitan sebagai jawaban dan alasan. Pada tingkat 5, pendampingan dilakukan ketika siswa memvisualisasikan ide yang mereka miliki. Pendampingan ini dimaksudkan karena siswa pada sampel utama sama sekali belum pernah mengerjakan jenis soal tes diagnostik.

e. *Main Sample*; subjek penelitian ini adalah 27 siswa kelas 4 SD dari sebuah sekolah pinggiran kota.

f. *Treatment of Data*; jawaban siswa diinterpretasikan hasilnya menggunakan pedoman yang telah dikembangkan. Tingkat 1 dan 3 diberikan skor "Benar" jika jawaban siswa benar dan "Salah" jika sebaliknya. Tingkat 2 dan 4 diberikan skor "Yakin" jika siswa yakin dengan kebenaran jawaban mereka sementara "Tidak Yakin" jika sebaliknya. Tingkat 5 diberikan skor "Benar" ketika jawaban siswa termasuk *Scientific Visualization* (SCV) sementara lainnya "Salah". Setelah itu, interpretasi dilakukan berdasarkan pilihan jawaban pada representasi verbal dan visual secara umum. Hasil interpretasi representasi secara umum terbagi menjadi *Scientific Representation* (SR), *Almost Scientific Representation* (ASR), *Partial Representation* (PR), *Lack of Representation* (LOR), *Misconception* (MIS), dan *No Representation* (NR) seperti terlihat pada Tabel 3.5. Sementara deskripsi dari kategori representasi visual dapat dicermati pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Kategori Level Representasi Siswa Secara Umum

No	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat 4	Tingkat 5	Hasil
1	Benar	Yakin	Benar	Yakin	Benar	SR
2	Benar	Yakin	Benar	Yakin	Salah	ASR
3	Benar	Yakin	Benar	Tidak Yakin	Benar	PR
4	Benar	Yakin	Benar	Tidak Yakin	Salah	PR
5	Benar	Tidak Yakin	Benar	Yakin	Benar	PR
6	Benar	Tidak Yakin	Benar	Yakin	Salah	PR
7	Benar	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin	Benar	PR
8	Benar	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin	Salah	PR
9	Benar	Yakin	Salah	Yakin	Benar	LOR
10	Benar	Yakin	Salah	Yakin	Salah	LOR
11	Benar	Yakin	Salah	Tidak Yakin	Benar	LOR
12	Benar	Yakin	Salah	Tidak Yakin	Salah	LOR
13	Benar	Tidak Yakin	Salah	Yakin	Benar	LOR
14	Benar	Tidak Yakin	Salah	Yakin	Salah	LOR

15	Benar	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin	Benar	LOR
16	Benar	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin	Salah	LOR
17	Salah	Yakin	Benar	Yakin	Benar	LOR
18	Salah	Yakin	Benar	Yakin	Salah	LOR
19	Salah	Yakin	Benar	Tidak Yakin	Benar	LOR
20	Salah	Yakin	Benar	Tidak Yakin	Salah	LOR
21	Salah	Tidak Yakin	Benar	Yakin	Benar	LOR
22	Salah	Tidak Yakin	Benar	Yakin	Salah	LOR
23	Salah	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin	Benar	LOR
24	Salah	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin	Salah	LOR
25	Salah	Yakin	Salah	Yakin	Benar	MIS
26	Salah	Yakin	Salah	Yakin	Salah	MIS
27	Salah	Yakin	Salah	Tidak Yakin	Benar	LOR
28	Salah	Yakin	Salah	Tidak Yakin	Salah	NR
29	Salah	Tidak Yakin	Salah	Yakin	Benar	LOR
30	Salah	Tidak Yakin	Salah	Yakin	Salah	NR
31	Salah	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin	Benar	LOR
32	Salah	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin	Salah	NR

Tabel 3.6 Kategori Level Representasi Visual Siswa

No	Kategori	Deskripsi
1	*Scientific Visualization* (SCV)	Siswa memvisualisasikan konsep sesuai dengan konsepsi ilmiah dan mendetail
2	*Simple Visualization* (SIV)	Siswa memvisualisasikan konsep hampir sesuai dengan konsepsi ilmiah karena kurang lengkapnya gambar yang dibuat
3	*Superficial Visualization* (SUV)	Siswa memvisualisasikan konsep dengan relevansi pada sebagian sedikit saja dengan konsepsi ilmiah sementara sebagian besar lainnya belum sesuai
4	*Misconception* (MIS)	Siswa memvisualisasikan konsep dengan gambar yang berlawanan dengan konsepsi ilmiah
5	*Undefined Visualization* (UV)	Siswa memvisualisasikan konsep dengan gambar yang tidak jelas maksudnya atau tidak relevan dengan konsep apapun
6	*No Visualization* (NV)	Siswa tidak memvisualisasikan konsep dalam bentuk gambar

2. Pengembangan LKPD Model Pembelajaran CTS

Pembelajaran konstruktivisme dalam sains di sekolah dasar menekankan pada proses aktif di mana siswa membangun representasi mereka sendiri. Penggunaan LKPD yang berbasis konstruktivisme memainkan peran penting dalam proses menghubungkan konsep-konsep baru dengan pengetahuan awal siswa. LKPD ini dirancang untuk menstimulasi representasi siswa; yang dimulai dari kegiatan mengeksplorasi, merestrukturisasi, mengaplikasikan, dan me-*review*

jawaban secara mandiri atau melalui kolaborasi dengan teman-temannya. Sebagai hasilnya, siswa mampu mambangun pemahaman konsep-konsep ilmiah secara mendalam dan berkelanjutan.

Model pembelajaran CTS yang berpendekatan konstruktivisme memiliki urutan logis dalam pelaksanaannya. Aktivitas-aktivitas pembelajaran tersebut meliputi: Pendahuluan yang digunakan untuk menyiapkan siswa sebelum memulai pembelajaran, Eksplorasi yang digunakan untuk mendiagnosis representasi awal siswa, Restrukturisasi yang digunakan untuk memfasilitasi pembelajaran sehingga siswa dapat membandingkan representasi baru yang diterimanya dengan representasi awalnya, Aplikasi yang digunakan untuk mengaplikasikan representasi barunya pada konteks lain, dan *Review* yang digunakan untuk menilai representasi yang sudah dikonstruknya (Widodo, 2021). LKPD model pembelajaran CTS digunakan selama proses pembelajaran untuk memfasilitasi perkembangan siswa dalam belajar. Pengamatan dilakukan terhadap perkembangan siswa dalam belajar yang menunjukkan kondisi representasi yang stabil selama proses pembelajaran melalui LKPD ini. Adapun pada aktivitas Eksplorasi dan Aplikasi menggunakan kategori Benar dan Salah. Sementara, aktivitas Restrukturisasi dan *Review* menggunakan kategori Benar/Lengkap dan Salah/Tidak Lengkap dikarenakan siswa diminta untuk menyimpulkan dalam representasi ilmiah dan mencakup semua aktivitas percobaan atau semua subkonsep secara lengkap dan mendalam. Jawaban siswa pada setiap kegiatan pembelajaran kemudian diinterpretasikan pada kategori level representasi sesuai pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kategori Level Representasi Siswa pada LKPD

Eksplorasi	Restrukturisasi	Aplikasi	*Review*	Hasil
Benar	Benar/Lengkap	Benar	Benar/Lengkap	SR
Benar	Benar/Lengkap	Benar	Salah/ Tidak Lengkap	ASR
Benar	Benar/Lengkap	Salah	Benar/Lengkap	ASR
Benar	Salah/ Tidak Lengkap	Benar	Benar/Lengkap	ASR
Salah	Benar/Lengkap	Benar	Benar/Lengkap	ASR
Salah	Salah/ Tidak Lengkap	Benar	Benar/Lengkap	PR
Salah	Benar/Lengkap	Salah	Benar/Lengkap	PR
Salah	Benar/Lengkap	Benar	Salah/ Tidak	PR

			Lengkap	
Benar	Salah/ Tidak Lengkap	Salah	Benar/Lengkap	PR
Benar	Salah/ Tidak Lengkap	Benar	Salah/ Tidak Lengkap	PR
Benar	Benar/Lengkap	Salah	Salah/ Tidak Lengkap	PR
Salah	Salah/ Tidak Lengkap	Salah	Benar/Lengkap	LOR
Salah	Benar/Lengkap	Salah	Salah/ Tidak Lengkap	LOR
Benar	Salah/ Tidak Lengkap	Salah	Salah/ Tidak Lengkap	LOR
Salah	Salah/ Tidak Lengkap	Benar	Salah/ Tidak Lengkap	MIS
Salah	Salah/ Tidak Lengkap	Salah	Salah/ Tidak Lengkap	NR

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif dan mendalam. Teknik ini memungkinkan untuk pengumpulan dan analisis data naratif dan numerik sehingga dapat memberikan perspektif yang lebih lengkap terhadap fenomena yang sedang diteliti, yaitu perkembangan representasi siswa. Dengan mengintegrasikan kedua pendekatan ini, penelitian dapat menjawab pertanyaan penelitian yang kompleks dan menyediakan validitas yang lebih kuat.

Pengumpulan data dilakukan secara bersamaan. Adapun data kualitatif dikumpulkan dari hasil pengerjaan siswa terhadap tes diagnostik mengenai representasi siswa secara umum dan hasil pengerjaan LKPD pada aktivitas model pembelajaran CTS. Data tersebut kemudian diolah untuk dikategorikan berdasarkan level-level representasi secara umum. Pada bagian representasi visual dalam hasil pengerjaan siswa terhadap tes diagnostik juga dikategorikan berdasarkan level-level representasi visual. Setelah masing-masing data dikategorikan kemudian dikalkulasi berdasarkan frekuensi atau persentase sehingga diperoleh data kuantitatif yang dapat menguatkan data kualitatif.

Learning Progression siswa diukur berdasarkan perkembangan mereka selama mengikuti pra pembelajaran, proses pembelajaran, dan pasca pembelajaran. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan pada pra

pembelajaran adalah melalui instrumen tes diagnostik, pada proses pembelajaran dikumpulkan melalui pengamatan pembelajaran yang direpresentasikan dalam jawaban LKPD siswa, dan instrumen tes diagnostik kembali digunakan pada pasca pembelajaran. Pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan dari representasi siswa ketika mempelajari Materi "Sifat-Sifat Cahaya" diukur selama pra pembelajaran, proses pembelajaran, dan pasca pembelajaran untuk kemudian diinterpretasikan secara kualitatif dan dikalkulasikan menurut frekuensi atau persentase secara kuantitatif.

Prosedur pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah yang diuraikan sebagai berikut.

1. Pengumpulan data dilakukan bahkan sejak pembelajaran belum dimulai, yaitu menggunakan tes diagnostik untuk mengidentifikasi profil representasi awal siswa. Selanjutnya, analisis dilakukan terhadap jawaban pada representasi verbal dan visual siswa. Berbagai temuan kasus level representasi siswa baik secara umum dan visual ditemukan untuk menjadi perhatian dan penyesuaian kegiatan yang relevan dalam pembelajaran.
2. Kolaborasi bersama guru model dimulai sejak diskusi dalam membahas teknis pelaksanaan penelitian, skenario pembelajaran, teknis pengamatan dan pengumpulan data, serta penggunaan penilaian selama tahapan pembelajaran.
3. LKPD digunakan selama proses pembelajaran. Ketika siswa berkelompok dalam mengikuti berbagai urutan aktivitas pembelajaran, pengerjaan LKPD dilakukan secara mandiri. Representasi siswa yang berkaitan dengan berbagai fenomena dari aktivitas pembelajaran dituliskan melalui pengerjaan LKPD. Pengerjaan LKPD dalam setiap sesi pelaksanaan pembelajaran merupakan data pengamatan yang dapat menggambarkan perkembangan representasi saat proses pembelajaran.
4. Pada aktivitas pembelajaran Eksplorasi, eksplorasi dilakukan untuk mengetahui pengetahuan awal siswa mengenai fenomena yang mewakili konsep dengan menuliskannya dalam LKPD.
5. Aktivitas pembelajaran dalam Restrukturisasi berupa kegiatan-kegiatan siswa dalam melakukan beberapa percobaan dan menuliskan hasil serta menyimpulkannya dalam LKPD.

6. Siswa mengaplikasikan pengetahuan barunya pada konteks lain yang dikonfirmasi dalam LKPD.
7. Kemudian, *review* dilakukan sebagai kegiatan siswa dalam menilai pengetahuan akhirnya dengan menuliskan jawaban secara mendetail mewakili semua subkonsep terkait dalam LKPD.
8. Analisis dilakukan terhadap hasil pengerjaan siswa yang diamati dalam LKPD lalu menginterpretasikannya ke dalam kategori level representasi yang berkembang dalam proses pembelajaran.
9. Representasi akhir siswa diuji kembali dengan tes diagnostik, dianalisis dan diinterpretasikan representasinya baik secara umum maupun visualnya.
10. Terakhir, pemetaaan dilakukan terkait pola perkembangan dan mikrogenetik perkembangan (*Learning Progression*) dari representasi setiap siswa. Pengukuran berulang dilakukan dari awal perkembangan siswa hingga perkembangan tersebut stabil.

3.6 Analisis Data

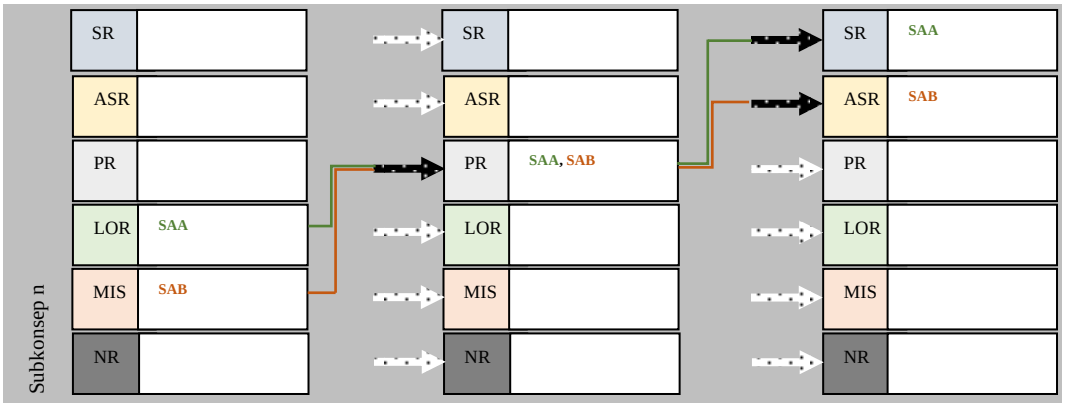
Analisis data dilakukan secara integratif dalam desain konvergen, yaitu ketika dua jenis data saling menguatkan hasil analisis. Salah satu contoh prosedur analisis dan interpretasi dalam desain *Convergent* yang mengumpulkan data QUAN dan QUAL secara simultan adalah dengan menguantifikasi data kualitatif. Caranya adalah data kualitatif dikodekan terlebih dahulu, kemudian kode-kode tersebut diberi angka, lalu jumlah kemunculan kode-kode tersebut dicatat sebagai data numerik. Data kuantitatif kemudian dianalisis secara deskriptif terkait dengan frekuensi kemunculannya. Kedua jenis data tersebut kemudian dapat dibandingkan (Creswell, 2012). Data kuantitatif dan kualitatif dapat dianalisis bersama. Ketika bermaksud untuk kedua jenis data agar dianalisis bersama, data kualitatif diubah menjadi data kuantitatif (misalnya, memberikan kode numerik dalam proses *quantitizing*) atau sebaliknya, data kuantitatif yang diubah menjadi data kualitatif (misalnya, memberikan narasi dalam proses *qualitizing*). Pada dasarnya, rasional penggunaan desain triangulasi adalah bahwa kekuatan dari analisis kedua jenis data akan saling melengkapi dan mengimbangi kelemahan masing-masing (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2012).

Analisis data kualitatif dilakukan terhadap hasil pengerjaan tes diagnostik mengenai representasi siswa secara umum dan hasil pengerjaan LKPD pada aktivitas model pembelajaran CTS yang dikategorikan berdasarkan level-level representasi secara umum. Pada bagian representasi visual dalam hasil pengerjaan siswa terhadap tes diagnostik juga dikategorikan berdasarkan level-level representasi visual. Setelah masing-masing data dikategorikan kemudian dikuantifikasi berdasarkan frekuensi atau persentase sehingga menjadi analisis data kuantitatif yang dapat menguatkan analisis data kualitatif.

Metode mikrogenetik melibatkan pengukuran atau pengamatan berulang selama periode waktu pembelajaran baik sebelum, ketika, dan sesudah perlakuan. Tahap pertama dari analisis data dilakukan terhadap data kualitatif kemudian tahap kedua terhadap data kuantitatif secara berurutan. Secara khusus, langkah pertama yang perlu dilakukan peneliti adalah mengkategorikan level-level representasi siswa yang ditemukan selama periode pembelajaran untuk mengetahui perkembangan di antara bagian-bagian tersebut. Langkah kedua setelah perkembangan terlihat adalah menyajikan perkembangan setiap siswa ke dalam format gambar, tabel, atau grafik sembari mengkalkulasi frekuensi atau persentase temuan fenomena.

Analisis data dalam penelitian ini mengacu pada metode mikrogenetik, sehingga berdasar pada *moment by moment* yang mana pengamatan dengan intensitas yang tinggi dilakukan oleh peneliti untuk mengamati perkembangan siswa di setiap sesinya (Brock & Taber, 2017b). Secara umum, analisis dilakukan dengan cara menginterpretasikan data dari berbagai sumber. Ketika menganalisis pola perkembangan, temuan kasus level-level representasi siswa disajikan pada bagian pra pembelajaran, proses pembelajaran, dan pasca pembelajaran. Oleh karena pembelajaran dilakukan secara umum pada satu konsep, analisis pola perubahan pada prosesnya hanya disajikan untuk menggambarkan proses keseluruhan. Sementara itu, analisis terhadap perubahan pada pra-pasca pembelajaran disajikan secara terpisah pada setiap subkonsepnya. Meskipun begitu, gambaran pola perubahan ini dapat memberikan pemahaman mengenai bagaimana representasi siswa terhadap suatu konsep dapat berakhir pada level tertentu sementara pada awalnya berada pada level yang tidak ilmiah. Untuk

memudahkan penyajian pola perubahan, setiap siswa diidentifikasi berdasarkan presensinya (misalnya S27 sebagai siswa dengan nomor presensi 27) dan diberikan warna pada nomor berdasarkan level representasi awalnya. Oleh karena gambaran representasi pada prosesnya disajikan secara umum pada kedua subkonsep, siswa diidentifikasi dua kali, misalnya 4-4 yang mana angka pertama menunjukkan jalur dari subkonsep pertama sementara angka kedua dari subkonsep berikutnya. Sementara itu, jalur perubahan digambarkan menggunakan garis berwarna berdasarkan profil level representasi sebelumnya kemudian berkumpul pada satu anak panah. Ketebalan suatu anak panah digunakan untuk memudahkan memahami besar-kecilnya distribusi suatu perubahan. Penyajian pola perkembangan ini dicontohkan melalui Gambar 3.2. Adapun pola *Learning Progression* yang mungkin terbentuk adalah beragam, yaitu berkembang ke arah maju, stagnan, dan bahkan mundur.



Gambar 3.2 Contoh Pola *Learning Progression* Siswa

Sementara itu, analisis terhadap mikrogenetik perkembangan menggunakan kerangka kerja dari metode mikrogenetik. Dalam metode mikrogenetik, dikenal kerangka kerja yang digunakan untuk lebih memahami tentang perkembangan kognitif; yaitu sumbernya, luasnya, jalurnya, tingkat, dan variabilitasnya (Opfer & Siegler, 2004). Lebih lanjut dipaparkan sebagai berikut.

1. Sumber perkembangan menyangkut penyebab yang melatarbelakangi perubahan dari setiap tindakan anak. Sumber perkembangan siswa selama pembelajaran dilatarbelakangi dari berbagai aktivitas pembelajaran berbasis percobaan yang dilakukan dengan berpedoman oleh LKPD. Perkembangan

representasi siswa ke arah ilmiah selama mengikuti aktivitas pembelajaran dipersentasekan untuk lebih menjelaskan temuan.

2. Luas perkembangan menyangkut seberapa luas suatu pendekatan baru digeneralisasi oleh anak pada masalah dan konteks lain. Pengukuran didasarkan pada penguasaan representasi siswa dengan menunjukkan bertambahnya representasi atas suatu konsep yang mereka kuasai selama periode pembelajaran.
3. Jalur perkembangan berkaitan dengan urutan strategi atau status pengetahuan yang dengannya anak berkembang kompetensinya. Jalur perkembangan siswa diukur berdasarkan capaian level representasi ilmiah selama pra pembelajaran, proses pembelajaran, hingga pasca pembelajaran. Fokus pengamatan disini adalah pada jalur yang terbentuk dari semua siswa selama mengikuti pembelajaran suatu konsep.
4. Laju perkembangan merupakan analisis dari jumlah waktu atau pengalaman yang diperlukan anak untuk menemukan pendekatan baru atau untuk beralih dari penggunaan pendekatan yang sesekali menjadi konsisten. Laju perkembangan diukur berdasarkan pengalaman-pengalaman yang didapatkan oleh para siswa selama mengikuti berbagai jenis kegiatan percobaan dalam pembelajaran. Arah dari garis yang menunjukkan kelajuan diasumsikan sebagai cepat atau lambatnya perkembangan siswa.
5. Sedangkan kaitannya dengan variabilitas perkembangan, merupakan perbedaan di antara anak-anak, tugas, dan ukuran dalam dimensi perubahan lainnya. Variabilitas perkembangan diukur berdasarkan variasi frekuensi level representasi dari semua pembelajaran yang telah dilalui siswa pada semua konsep.

3.7 Keterbatasan Penelitian

Pada prosesnya, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti: Pertama, penelitian ini dilakukan pada satu kelompok siswa tanpa kelompok siswa lainnya sebagai kontrol atau pembanding. Meskipun pengamatan dilakukan pada pra-proses-pasca pembelajaran secara mendalam terhadap satu kelompok siswa tersebut, hal ini tidak dapat digeneralisir untuk kasus lainnya. Kedua, guru

masih belum terbiasa mengajar dengan menggunakan model pembelajaran CTS meskipun telah melalui diskusi bersama dalam mempersiapkan skenario pembelajaran. Sementara, siswa juga belum terbiasa mengikuti aktivitas pembelajaran dikarenakan pembelajaran yang didesain merupakan hal baru bagi mereka. Karakteristik siswa yang diteliti merupakan siswa dengan kemampuan rata-rata di kelas sehingga tidak dapat digeneralisasi ke sampel dengan jenis kemampuan lain, misal siswa berbakat. Dampaknya, pembelajaran membutuhkan waktu yang melebihi jadwal pembelajaran seharusnya. Namun, pelaksanaan mulai dirasakan efektif dan efisien ketika pada sesi pembelajaran keempat. Ketiga, pengamatan peneliti dilakukan pada tiga tahapan pembelajaran (pra-proses-pasca) dengan lima sesi pembelajaran (lima konsep) sedangkan pada beberapa penelitian mikrogenetik lainnya mengamati perubahan dari menit ke menit pembelajaran atau lebih banyak sesi pembelajaran yang diulang. Ketika pengamatan dilakukan berulang dan berfrekuensi tinggi maka dapat menggambarkan *Learning Progression* dengan lebih detail.