

## BAB VI

### SIMPULAN DAN IMPLIKASI

#### 6.1. Simpulan

Melihat kembali tujuan pokok penelitian yaitu menganalisis, merancang, dan mengembangkan desain didaktis pada materi aritmetika pecahan bagi siswa kelas 6 sekolah dasar, maka berdasarkan hasil temuan dan diskusi yang telah diuraikan, didapatkan simpulan dengan ringkasan temuan utama, serta jawaban atas rumusan masalah, implikasi teoretis, praktis, dan kebijakan dari hasil penelitian serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya yang menjawab keenam pertanyaan penelitian yang diajukan yaitu sebagai berikut.

##### 6.1.1 Analisis Fenomena Didaktik sebagai Dasar Perancangan Desain

###### Didaktis Aritmetika Pecahan Sekolah Dasar

Fenomena didaktik dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek yang menjadi dasar utama dalam penyusunan desain didaktis aritmetika pecahan sekolah dasar. Analisis ini terdiri dari lima bagian utama, yaitu analisis transposisi didaktik pengetahuan pecahan dalam kurikulum Indonesia, analisis *praxeology* buku teks, analisis ekologi buku teks, analisis situasi didaktis pra-implementasi, dan analisis *learning obstacles*. Setiap aspek memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai bagaimana pengetahuan pecahan ditransfer (ditransposisi), diajarkan, dan dipahami oleh siswa, serta bagaimana faktor lingkungan dan hambatan belajar dapat memengaruhi proses tersebut. Analisis transposisi didaktik menyoroti bagaimana konsep aritmetika pecahan mengalami perubahan dalam kurikulum pendidikan di Indonesia. Dengan menggunakan *Theory of Didactical Situations in Mathematics* (TDS), penelitian ini menggambarkan proses transformasi dari *scholarly knowledge* menjadi *knowledge to be taught*, kemudian menjadi *taught knowledge*, dan akhirnya menjadi *learnt knowledge*. Dalam proses ini, terjadi berbagai bentuk adaptasi dan penyesuaian, baik dalam struktur penyajian materi, metode pengajaran guru, maupun pengalaman belajar siswa. Perbedaan dalam transposisi pengetahuan ini sering kali menyebabkan variasi pemahaman di antara siswa, tergantung pada

bagaimana materi diajarkan dan bagaimana mereka menginterpretasikan konsep pecahan.

Selanjutnya, analisis *praxeology* buku teks dilakukan untuk memahami bagaimana pengetahuan pecahan dikemas dan disampaikan melalui buku ajar yang digunakan dalam kurikulum nasional. Dengan menggunakan kerangka *Anthropological Theory of Didactics* (ATD), penelitian ini mengidentifikasi empat komponen utama dalam *praxeology*, yaitu tugas (T), teknik ( $\tau$ ), teknologi ( $\theta$ ), dan teori ( $\Theta$ ). Blok praxis (T dan  $\tau$ ) dalam buku teks menunjukkan berbagai jenis tugas yang diberikan kepada siswa, seperti mengekspresikan pecahan, membandingkan pecahan, mengurutkan pecahan, serta melakukan operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian pecahan. Teknik yang digunakan dalam buku teks, seperti penggunaan garis bilangan, representasi visual pecahan, dan metode algoritmik, membantu siswa dalam memahami pecahan secara konseptual maupun prosedural. Namun, analisis ini juga menemukan bahwa buku teks cenderung lebih menekankan pada prosedur mekanis daripada eksplorasi konseptual, yang berpotensi membuat siswa menghafal langkah-langkah tanpa memahami makna di baliknya.

Dalam analisis ekologi buku teks, penelitian ini mengevaluasi bagaimana lingkungan pembelajaran dan faktor eksternal memengaruhi pemahaman siswa terhadap pecahan. Buku teks di Indonesia sering menggunakan konteks sehari-hari dalam tugas-tugasnya, seperti pembagian makanan tradisional (wingko, martabak, kue apem), penggunaan benda konkret seperti ember dan botol air, serta situasi yang relevan dengan kehidupan siswa. Penggunaan objek-objek kontekstual ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman siswa terhadap pecahan sebagai bagian dari keseluruhan. Namun, ditemukan bahwa tidak semua representasi visual dalam buku teks cukup eksplisit untuk membantu siswa memahami konsep pecahan secara mendalam, terutama ketika menghadapi konsep yang lebih kompleks seperti operasi campuran atau pembagian pecahan. Selain itu, variasi dalam penggunaan teknik dan pendekatan di setiap bab dapat menyebabkan kesenjangan dalam pemahaman siswa.

Analisis situasi didaktis pra-implementasi memberikan wawasan mengenai bagaimana desain didaktis dapat dikembangkan sebelum diterapkan dalam lingkungan kelas yang sesungguhnya. Penelitian ini menggunakan TDS untuk menganalisis berbagai situasi didaktis yang terjadi sebelum implementasi desain didaktis yang lebih sistematis. Situasi didaktis yang diprediksi sebelum implementasi mencakup bagaimana guru menyampaikan materi, bagaimana siswa merespons berbagai strategi pengajaran, serta bagaimana interaksi antara siswa dan materi pelajaran dapat meningkatkan pemahaman mereka terhadap pecahan. Salah satu aspek penting dalam analisis ini adalah bagaimana desain didaktis dapat dikembangkan agar lebih adaptif terhadap berbagai gaya belajar siswa, termasuk penggunaan metode eksploratif yang lebih kontekstual dibandingkan sekadar prosedural.

Analisis *learning obstacles* mengidentifikasi berbagai hambatan yang dihadapi siswa dalam memahami pecahan. Hambatan-hambatan ini dikategorikan menjadi *learning obstacles* dari sumber ontologis, epistemologis, dan didaktis. Beberapa contoh hambatan yang ditemukan meliputi kesalahan siswa dalam memahami perbandingan pecahan, kesulitan dalam menghubungkan pecahan dengan bilangan desimal dan persen. Selain itu, beberapa teknik pengajaran yang terlalu berfokus pada prosedur tanpa eksplorasi konseptual juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami pecahan secara lebih mendalam.

Dari berbagai analisis tersebut, dihasilkan sintesis dalam bentuk *reference epistemological model* (REM), yang menjadi landasan epistemologi utama dalam analisis lebih lanjut dan dalam membangun desain didaktis hipotesis. Model ini berfungsi sebagai kerangka konseptual yang menghubungkan berbagai temuan dalam analisis fenomena didaktik dan menyediakan pendekatan sistematis dan epistemik dalam pengembangan desain didaktis. Dengan adanya model ini, desain didaktis yang dihasilkan dapat lebih sesuai dengan kondisi ekologi sistem pembelajaran, sekaligus mengakomodasi berbagai hambatan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Keseluruhan analisis fenomena didaktik ini menghasilkan desain didaktis hipotesis yang akan diimplementasikan dalam sistem didaktik dengan mempertimbangkan antisipasi didaktik-pedagogik yang telah diprediksi sebelumnya secara *transdental*. Desain didaktis ini tidak hanya bertujuan untuk memfasilitasi pembelajaran pecahan yang lebih efektif, tetapi juga untuk meminimalisir hambatan-hambatan yang ditemukan selama analisis, serta memberikan pendekatan yang lebih adaptif terhadap kebutuhan siswa dalam memahami konsep pecahan secara lebih konseptual dan aplikatif.

### 6.1.2 Susunan *Hypothetical Learning Trajectory* sebagai Desain Didaktis

#### Hipotetik Aritmetika Pecahan Sekolah Dasar

*Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) sebagai desain didaktis hipotetik terdiri dari serangkaian tahapan yang disusun berdasarkan observasi terhadap kesulitan belajar siswa, strategi penyelesaian yang muncul secara spontan, serta intervensi didaktis yang diperlukan. Analisis prospektif sebelumnya menunjukkan bahwa dalam pembelajaran aritmetika pecahan, siswa sering menghadapi kesulitan dalam memahami konsep dasar pecahan, terutama dalam merepresentasikan pecahan pada garis bilangan, menyamakan penyebut dalam operasi penjumlahan dan pengurangan, serta mengonversi pecahan tidak sejati ke bentuk pecahan campuran. Oleh karena itu, HLT yang dirancang berfungsi sebagai struktur yang sistematis untuk memfasilitasi transisi pemahaman siswa dari konsep konkret menuju representasi formal dalam matematika.

HLT yang disusun terdiri dari lima sesi pembelajaran, dengan struktur yang meliputi tujuan pembelajaran, aktivitas yang dilakukan, serta antisipasi didaktis-pedagogis. Pada Sesi 1, siswa diperkenalkan dengan konsep pecahan melalui pemotongan pita sebagai representasi visual untuk memahami hubungan antara pembilang dan penyebut. Aktivitas ini dirancang untuk membantu siswa membangun *concept image* mengenai pecahan dalam konteks konkret sebelum beralih ke representasi garis bilangan. Sesi 2 berfokus pada pengenalan operasi penjumlahan dan pengurangan pecahan dengan penyebut yang sama, di mana siswa diminta untuk mengidentifikasi dan membandingkan berbagai pecahan dalam

bentuk visual. Pada Sesi 3, siswa diperkenalkan dengan konsep pecahan tidak sejati dan pecahan campuran, serta diajak untuk mengonversi kedua bentuk tersebut melalui pendekatan berbasis garis bilangan. Sesi 4 melibatkan operasi perkalian pecahan dengan menggunakan konsep penskalaan, di mana siswa memahami bahwa perkalian pecahan dapat memperkecil atau memperbesar ukuran suatu kuantitas tergantung pada faktor pengali. Pada Sesi 5, siswa mempelajari konsep pembagian pecahan sebagai invers dari perkalian, dengan fokus pada pemahaman pembagian sebagai proses penskalaan.

Untuk mengeksekusi desain HLT ini dalam pembelajaran, disusun *worksheet* yang berfungsi sebagai alat untuk menjalankan aktivitas-aktivitas sesuai desain bagi ketiga komponen didaktik (siswa, guru, pengetahuan). *Worksheet* menyajikan berbagai *task* yang dirancang untuk siswa membangun pengetahuannya, dimulai dari aktivitas manipulatif seperti pemotongan pita dan penempatan pecahan pada garis bilangan hingga ke tahap penerapan dalam bentuk notasi matematis. Pada sesi awal, *worksheet* membantu siswa dalam membangun pemahaman intuitif mengenai pecahan melalui representasi visual sebelum berpindah ke bentuk numerik. Seiring dengan perkembangan sesi, *worksheet* juga mencakup latihan yang lebih kompleks, seperti menyamakan penyebut, menjumlahkan dan mengurangi pecahan tidak sejati, serta menyelesaikan soal kontekstual yang berkaitan dengan pecahan dalam kehidupan sehari-hari. Di samping itu, terdapat ruang untuk diskusi kelompok dalam *worksheet*, memungkinkan siswa untuk berbagi pemahaman dan mengembangkan konsep secara kolaboratif.

### 6.1.3 Situasi Didaktik dalam Implementasi Desain Didaktis Aritmetika

#### Pecahan Sekolah Dasar

Fenomena didaktik dalam implementasi desain didaktis aritmetika pecahan sekolah dasar melibatkan beberapa aspek utama, yaitu analisis kontrak didaktik dan devolusi, situasi aksi-formulasi-validasi. Selain itu juga berlaku tindakan institusionalisasi, depersonalisasi, dekontekstualisasi, dan detemporalisasi, serta proses adaptasi dan akulturasi selama implementasi. Kontrak didaktik yang terjalin dalam proses ini menekankan adanya kesepakatan implisit antara siswa dan

fasilitator dalam memahami serta membangun konsep aritmetika pecahan. Sementara itu, devolusi menegaskan bagaimana tanggung jawab belajar diserahkan kepada siswa sehingga mereka mengalami proses konstruksi pengetahuan secara mandiri

Situasi aksi-formulasi-validasi yang diterapkan dalam lima sesi bertujuan untuk memfasilitasi siswa dalam membangun pengetahuannya. Pada sesi pertama, siswa diperkenalkan pada konsep dasar pecahan melalui manipulasi konkret menggunakan pita dan garis bilangan. Sesi kedua memperdalam pemahaman mereka dengan konsep reduksi pecahan berpenyebut berbeda, sedangkan sesi ketiga memperkenalkan operasi penjumlahan dan pengurangan pecahan secara formal. Sesi keempat dan kelima berfokus pada konsep perkalian dan pembagian pecahan, di mana siswa mulai memahami operasi aritmetika pecahan dalam konteks yang lebih abstrak dan sistematis

Tindakan institusionalisasi dalam pembelajaran aritmetika pecahan memastikan bahwa pengetahuan yang dibangun secara individu oleh siswa kemudian dikonfirmasi dan disepakati dalam komunitas belajar. Dalam proses ini, terjadi peralihan dari pengetahuan yang bersifat personal (*connaissance*) menjadi pengetahuan yang diakui secara sosial dan akademik (*savoir*). Pada saat yang sama, terjadi proses depersonalisasi, dekontekstualisasi, dan detemporalisasi, di mana siswa diajak untuk melihat konsep pecahan tidak lagi sebagai pengalaman personal atau terbatas pada konteks konkret, tetapi sebagai bagian dari struktur matematika yang lebih universal

Selama implementasi didaktik, proses adaptasi dan akulturasi pengetahuan terjadi secara bertahap. Adaptasi muncul ketika siswa menghadapi tantangan dalam situasi adidaktik dan harus menyesuaikan pemahamannya dengan lingkungan belajar yang didesain untuk menciptakan kontradiksi dan ketidakseimbangan kognitif. Akulturasi terjadi ketika pemahaman yang telah dibangun siswa kemudian diintegrasikan ke dalam sistem pengetahuan yang lebih luas melalui intervensi didaktik. Dalam hal ini, guru memainkan peran kunci dalam memastikan bahwa konstruksi pengetahuan yang dilakukan siswa dapat terhubung dengan konsep matematika yang lebih formal dan sistematis.

#### 6.1.4 Retrospektif, Refleksi, dan Evaluasi Desain Didaktis Aritmetika Pecahan di Sekolah Dasar

Analisis retrospektif, refleksi, dan evaluasi desain didaktis aritmetika pecahan di sekolah dasar menguraikan analisis fenomena didaktik yang terdiri atas beberapa aspek utama: perbandingan prospektif terhadap fenomena empiris, implementasi desain didaktis, serta evaluasi terhadap dinamika yang terjadi selama proses pembelajaran. Dalam retrospeksi implementasi didaktik terhadap analisis prospektif, desain didaktis yang dikembangkan diuji terhadap fleksibilitas, kesatuan, dan koherensi dalam mendukung pembelajaran siswa. Hasil dari *focus group discussion* memberikan masukan terhadap rancangan awal, termasuk perubahan dalam metode apriori yang digunakan dalam menentukan penyebut, yang pada akhirnya mengurangi hambatan epistemologis bagi siswa dalam memahami konsep KPK.

Selama implementasi didaktik, ditemukan bahwa siswa mengalami kendala dalam memahami beberapa konsep ketika pendekatan yang diterapkan tidak sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan kognitif mereka. Contohnya, teknik pemotongan pita yang awalnya dirancang untuk memberikan kebebasan kepada siswa justru menimbulkan kesulitan ketika jumlah potongan ganjil, sehingga perlu diberikan panduan tambahan dalam desain. Selain itu, metode KPK yang sebelumnya disertakan dalam pembelajaran awal ternyata kurang efisien dan lebih tepat diterapkan dalam tahap institusionalisasi setelah siswa memahami konsep dasar melalui perkalian.

Dalam proses pembelajaran aritmetika pecahan, penggunaan prosedur mekanistik seperti algoritma diberikan setelah siswa terlebih dahulu memahami konsep dasar melalui aktivitas manipulatif dengan pita. Hal ini membantu mereka dalam mengaplikasikan pemahaman konseptual ke dalam operasi aritmetika yang lebih kompleks. Namun, meskipun pendekatan invers dalam pembagian berhasil membantu siswa memahami hubungan antara perkalian dan pembagian, ditemukan bahwa pemahaman mereka menjadi terbatas jika hanya berfokus pada invers sebagai satu-satunya strategi. Oleh karena itu, pada tahap institusionalisasi, algoritma pembagian diperkenalkan sebagai pelengkap pemahaman siswa.

Dalam evaluasi desain didaktis, ditemukan bahwa meskipun siswa menunjukkan pemahaman yang baik terhadap konsep-konsep aritmetika pecahan, masih terdapat hambatan dalam mengaplikasikan operasi aritmetika secara prosedural. Untuk mengatasi hal ini, waktu tambahan diberikan dalam tahap institusionalisasi agar siswa dapat mengasah keterampilan operasional mereka tanpa kehilangan pemahaman konseptual yang telah dibangun sebelumnya. Dengan demikian, desain didaktis empirik yang dihasilkan merupakan hasil dari iterasi dan penyesuaian berdasarkan analisis fenomena didaktik yang terjadi selama implementasi.

Keseluruhan analisis retrospektif menunjukkan bahwa dalam membangun desain didaktis yang efektif, terdapat proses transposisi pengetahuan yang dinamis, di mana pengetahuan yang ditransformasikan dari bentuk ilmiah ke dalam bentuk yang dapat dipahami oleh siswa harus mempertimbangkan berbagai kemungkinan hambatan dan adaptasi yang diperlukan. Dengan mempertahankan keseimbangan antara pendekatan konseptual dan prosedural serta menyesuaikan desain dengan kebutuhan siswa, desain didaktis empirik yang dihasilkan dapat lebih efektif dalam memfasilitasi pembelajaran aritmetika pecahan di sekolah dasar.

### **6.1.5 *Learning Obstacles* Siswa dalam Implementasi Desain Didaktis**

#### **Aritmetika Pecahan di Sekolah Dasar**

Salah satu tujuan utama dari desain didaktis adalah untuk mengatasi *learning obstacle* yang dihadapi siswa dalam membangun pemahaman aritmetika pecahan. Oleh karena itu, baik desain didaktis hipotetik maupun desain didaktis empirik berlandaskan pada *learning obstacle* yang ditemukan sebelum implementasi dan yang teramati selama pelaksanaannya.

Dalam implementasi desain didaktis, *learning obstacle* yang berasal dari sumber ontogenik merupakan tantangan yang kompleks untuk diantisipasi, karena berkaitan dengan keterbatasan neurofisiologis siswa. Namun, hambatan ini tetap dapat dikelola melalui pendekatan didaktik-pedagogik yang memberikan perlakuan secara individual maupun kelompok. Dalam penelitian ini, ditemukan satu siswa yang membutuhkan perhatian lebih karena masih mengalami keterbatasan dalam

menyelesaikan operasi aritmetika bilangan asli. Untuk mengatasi hambatan ini, peneliti sebagai fasilitator memberikan intervensi tambahan bahkan dalam situasi adidaktik, serta memberi kesempatan lebih dalam formulasi dan validasi konsep dengan devolusi yang lebih intensif.

Di sisi lain, *learning obstacle* yang berasal dari sumber didaktik dan epistemologis telah diantisipasi secara maksimal dalam desain didaktis melalui serangkaian tahapan, mulai dari situasi adidaktik, situasi didaktik, aksi, formulasi, validasi, hingga institusionalisasi. Berdasarkan implementasi, sebagian besar hambatan epistemologis dan didaktis telah berhasil dieliminasi. Hal ini tercermin dari tidak lagi munculnya *error* dengan kode E1 hingga E8, kecuali E6. Dengan kata lain, desain didaktis terbukti mampu mengantisipasi berbagai hambatan pembelajaran yang telah diprediksi dan mencegah munculnya *learning obstacle* baru.

Namun demikian, dalam keseluruhan implementasi desain didaktis, masih terdapat satu *error* yang tidak sepenuhnya dapat diatasi, yaitu *error* E6, yang berkaitan dengan ketidakmampuan siswa dalam menjalankan operasi aritmetika dasar pada bilangan bulat dan pecahan. Secara khusus, kasus yang ditemukan adalah kesulitan siswa dalam operasi perkalian dan pembagian bilangan bulat. Salah satu siswa yang mengalami hambatan ini tetap menunjukkan kesulitan, meskipun telah diberikan perlakuan yang sesuai dalam implementasi desain didaktis. Oleh karena itu, sebagai solusi dalam pengembangan desain didaktis selanjutnya, diperlukan prinsip devolusi dengan perlakuan yang lebih spesifik dan berbeda dibandingkan dengan siswa lainnya yang mengalami *learning obstacle* dari sumber didaktik dan epistemologis.

Dengan demikian, analisis ini menunjukkan bahwa implementasi desain didaktis telah berhasil mengatasi sebagian besar *learning obstacle* yang diidentifikasi sebelum implementasi. Namun, masih terdapat hambatan tertentu yang memerlukan intervensi lebih lanjut guna memastikan bahwa setiap siswa memperoleh pemahaman yang optimal terhadap aritmetika pecahan.

### 6.1.6 Susunan *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) sebagai Desain

#### Didaktis Empirik Aritmetika Pecahan Sekolah Dasar

Analisis fenomena didaktik yang dilakukan terdiri atas beberapa poin utama yang mengarah pada perubahan desain dari didaktis hipotetik menjadi didaktis empirik. Dalam implementasinya, desain didaktis diuji untuk memenuhi sifat fleksibilitas, kesatuan, dan koherensi. Kajian retrospektif dilakukan dengan membandingkan fenomena langsung dalam kelas dengan teori didaktik yang menjadi landasan, menghasilkan pemetaan baru terhadap lintasan belajar siswa.

Salah satu perubahan utama dalam HLT yang baru adalah revisi terhadap metode dalam menentukan penyebut pada operasi pecahan. Dalam desain hipotetik, siswa diberikan opsi menggunakan perkalian, potongan terkecil, maupun KPK. Namun, hasil empirik menunjukkan bahwa teknik KPK tidak efisien, terutama ketika siswa masih berinteraksi dengan model konkret seperti pita. Oleh karena itu, dalam desain empirik, teknik perkalian dijadikan metode utama, sementara KPK dipindahkan ke tahap institusionalisasi setelah siswa memahami konsep dasarnya.

Selain itu, perubahan juga terjadi dalam pendekatan manipulatif menggunakan pita sebagai jembatan pemahaman antara pecahan campuran, pecahan biasa, dan bilangan bulat. Awalnya, siswa diarahkan untuk memahami konsep secara intuitif sebelum diberikan algoritma mekanistik di akhir sesi. Namun, hasil implementasi menunjukkan bahwa metode ini kurang efisien karena membutuhkan waktu lama. Oleh sebab itu, dalam desain empirik, algoritma diberikan lebih awal setelah eksplorasi awal dengan pita, sehingga siswa dapat segera menggunakannya dalam operasi pecahan campuran.

Dalam aspek pembagian pecahan, desain hipotetik mengajarkan pembagian sebagai perkalian dengan invers tanpa memperkenalkan bentuk algoritma lainnya. Hasil empirik menunjukkan bahwa meskipun siswa dapat memahami konsep invers, mereka mengalami kesulitan dalam menerapkannya secara lebih luas pada pembagian langsung antara pembilang dan penyebut. Oleh karena itu, dalam desain empirik, konsep invers tetap dipertahankan, tetapi ditambahkan algoritma eksplisit untuk membagi pembilang dengan pembilang dan penyebut dengan penyebut.

Terakhir, pada aspek pengetahuan prosedural, desain hipotetik menempatkan reduksi pecahan campuran dan operasi aritmetika pecahan sebagai bagian dari finalisasi pengetahuan apriori. Namun, hasil implementasi menunjukkan bahwa meskipun siswa memahami konsepnya, mereka mengalami hambatan dalam menerapkan prosedur aritmetika sederhana. Oleh karena itu, desain empirik menyesuaikan dengan memberikan waktu institusionalisasi yang lebih panjang, sehingga siswa memiliki kesempatan untuk mengatasi kesulitan dalam operasi aritmetika.

Desain didaktis empirik yang dihasilkan dari implementasi ini menunjukkan bahwa konjektur baru akan selalu muncul dalam setiap tahapan pembelajaran, mengingat proses transposisi pengetahuan yang bersifat dinamis. Proses ini menuntut keseimbangan antara difusi dan akuisisi pengetahuan sehingga siswa dapat membangun pemahaman yang lebih mendalam dan aplikatif dalam aritmetika pecahan.

## 6.2. Implikasi

Sebagaimana penelitian desain didaktis berjalan pada paradigma interpretif dan kritis, hasil penelitian, diskusi, dan simpulan memberikan beberapa konsekuensi baik teoretis, praksis, maupun secara luas dalam kebijakan pendidikan dalam lingkup sosial dan institusi di mana di dalamnya tinggal pengetahuan aritmetika pecahan. Selain itu, penelitian ini juga memiliki sasaran untuk dapat berkontribusi baik pada diskursus teoretis hingga ke implikasi praksis.

Dalam kajian terkait materi pecahan yang diangkat, penelitian ini bergabung dalam kajian-kajian pada topik pecahan dan utamanya pada aritmetika pecahan baik dalam penelitian pada siswa sekolah dasar maupun kajian aritmetika pecahan secara umum. Selain itu, temuan dan konjektur maupun ketidaksesuaian yang didapatkan selama implementasi menjadi *novelty* pada sub-penelitian yang dijalankan pada tahap masing-masing yang didiseminasikan dalam bentuk publikasi ilmiah. Implementasi dari desain didaktis membuka diskusi teoretis tentang bagaimana pengetahuan pecahan ada secara ontologis dan kemudian dikaji epistemologinya dalam berbagai macam bentuk. Sebagaimana penelitian-penelitian sebelumnya

dilakukan, studi tentang aritmetika pecahan pada penelitian ini juga membahas secara komprehensif segala poin diskusinya baik dari definisi dan pengetahuan konseptual hingga ke pengetahuan prosedural, masalah-masalah dan kesulitan yang muncul, bagaimana bentuk pengetahuan tersebut tersaji dalam matematika sekolah, bagaimana sejarah dan penggunaannya dalam matematika formal hingga ke buku teks, bagaimana guru mendifusikan dan siswa mengakuisisi, dan bagaimana dalam dunia di luar sistem didaktik pengetahuan tersebut diimplementasikan secara praksis. Analisis tersebut berdampak pada interpretasi yang lebih luas terkait realitas dari aritmetika pecahan dalam penelitian. Pada penelitian ini, masing-masing bagian transposisi baik dari *scholarly knowledge* ke *knowledge to be taught*, ke *taught knowledge*, hingga pada akhirnya ke *learnt knowledge* semuanya berdampak pada masuknya diskusi baru ke penelitian-penelitian yang telah dilakukan hingga sekarang secara global. Temuan-temuan tersebut telah disusun oleh peneliti menjadi tulisan ilmiah untuk dipublikasikan.

Kemudian, secara umum pemikiran yang dituliskan dalam penelitian ini juga akan bergabung dan berdampak ke kajian-kajian teoretis pada studi *anthropological theory of the didactics* dan sub-teorinya seperti *didactic transposition* dan *praxeology*. Selain itu, penelitian ini juga berdampak pada diskusi lanjutan dalam *theory of didactical situations in mathematics* dan pemikiran-pemikiran yang terkandung di dalamnya pula seperti *learning obstacle*. Kajian yang dilakukan terhadap buku teks Indonesia menemukan berbagai hasil baru terkait struktur pengetahuan yang disajikan. Lebih lanjut, komponen-komponen tersebut muncul sebagai bahan diskusi dan kritik untuk kebermanfaatan dan perubahan positif untuk didaktik aritmetika pecahan di sekolah dasar. Desain didaktis hipotetik yang dihasilkan berdampak pada bagaimana kajian didaktik tentang aritmetika pecahan dibahas terkait pengajaran dan pembelajarannya, tentang tujuan pembelajaran, sajian materi dan aktivitas yang dilaksanakan, bagaimana siswa pada nantinya akan merespons difusi pengetahuan yang terjadi.

Kemudian, desain didaktis empirik yang dihasilkan dari serangkaian proses penelitian berimplikasi pada pelaksanaan pembelajaran atau implementasi didaktis sesuai dengan sifat didaktik sebagai epistemologi, sains, maupun seni. Selain itu,

desain didaktik empirik yang dihasilkan melalui serangkaian proses penelitian menjadi bentuk pengetahuan-pengetahuan baru memberikan perubahan secara langsung melalui jalannya sistem didaktik yang berbeda dari sebelumnya, baik dari interaksi antara siswa-guru-pengetahuan maupun dari masing-masing komponen tersebut. Siswa menjalankan aktivitas belajarnya dengan norma-norma dan tanggung jawab baru untuk mengakuisisi pengetahuan yang disepakati sebelumnya dalam kontrak didaktis. Guru sebagai fasilitator menjalankan tugasnya memfasilitasi siswa dalam membangun pengetahuan mereka dengan devolusi dan situasi adidaktis hingga didaktis serta bertanggungjawab terhadap proses adaptasi dan akulturasi yang dijalankan oleh siswa. Pengetahuan yang disajikan juga berdampak pada bagaimana desain didaktis kali ini menjadi sepenuhnya berbeda karena pengetahuan tersebut disusun sesuai dengan kebutuhan siswa dan ekologi yang ada di sekolah.

Penelitian desain didaktis memandang suatu pengetahuan tinggal dalam lingkup sosial di mana institusi berada di dalamnya sebagaimana dipahami dalam *anthropological theory of the didactics*. Sehingga, diskursus yang terjadi dalam pengetahuan yang ada dan ditransposisikan juga mempertimbangkan aspek-aspek sosio-budaya dan lebih luas pada ekologi di mana suatu institusi tinggal. Pada penelitian ini, siswa belajar aritmetika pecahan berada di sistem pendidikan, khususnya pada satuan pendidikan sekolah dasar. Pengetahuan yang tinggal dan ditransposisikan di dalamnya tentu dipengaruhi oleh berbagai elemen pada *didactic co-determinacy*, utamanya bergantung pada bagaimana pengalaman siswa dibentuk oleh guru dan materi yang disajikan. Dengan dilaksanakannya penelitian ini, ditemukan informasi-informasi mengenai fenomena dan dampak yang terjadi baik pada kondisi yang sesuai realitas yang ada maupun saat desain didaktis diimplementasikan. Temuan-temuan yang disajikan dan dibahas pada penelitian ini berdampak pada kebijakan yang dilakukan oleh sekolah, utamanya dengan digunakannya desain didaktis peneliti dengan asumsi-asumsi ontologis, epistemologis, dan aksiologis yang telah dikaji sebelumnya. Selain itu, guru sebagai fasilitator yang juga menjadi pendamping peneliti dalam menangkap fenomena yang terjadi juga mendapatkan timbal balik dan pemikiran-pemikiran baru hasil

dari diskusi bersama peneliti, untuk menjalankan temuan-temuan dan memperbaiki bagian-bagian yang menjadi kekurangan dari kurikulum, bahan ajar, dan desain didaktis yang sebelumnya dijalankan.

### 6.3. Rekomendasi

Penelitian ini berjalan di atas dasar teoretis dan fenomena empiris yang ditangkap oleh seorang peneliti kualitatif yang tidak terhindar dari subjektivitas, di mana pemikiran peneliti juga dipengaruhi oleh sudut pandang yang beragam. Namun, peneliti telah mengambil langkah-langkah untuk menghindari bias hanya pada *scholarly knowledge* ataupun patokan analisis lain yang eksklusif dengan mengajukan *reference epistemological model*. Lebih jauh, tanggung jawab yang diemban berusaha dijalankan sesuai dengan kaidah metodologis untuk mendapatkan realitas yang sebenarnya dari apa yang berusaha diungkap dalam penelitian ini. Satu hal yang pasti adalah kesadaran peneliti sendiri, namun kesadaran tidak pernah berdiri sendiri dan selalu ada objek yang disadari. Namun dalam menangkap pengalaman, manusia tidak pernah bisa mengetahui apakah objek yang peneliti sadari benar-benar ada secara terpisah dari diri sendiri atau hanya ada dalam pengalaman.

Sebagaimana proses yang dijalani, penelitian ini pun memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian ini adalah penelitian yang tidak akan pernah selesai. Segala prediksi dan asumsi yang telah disusun yang berpijak pada *transcendental idealism* tentu membutuhkan kemampuan *pure reasoning* yang mumpuni untuk dapat menggali pemahaman dari masing-masing pihak dari guru-siswa-pengetahuan. Peneliti telah berusaha untuk berpikir “melampaui” dari apa yang akan dijalani oleh siswa dalam perjalanan pikiran mereka dengan memprediksinya melalui antisipasi didaktis-pedagogis. Namun, konjektur baru akan selalu muncul seiring perbedaan ekologi yang dimiliki oleh sistem didaktik yang baru, dan menyempurnakan desain didaktis selanjutnya. Sebanyak apapun antisipasi yang telah ditawarkan oleh peneliti dalam penelitian ini melalui analisis prospektif dengan teori yang telah disebutkan tetap akan terbatas pada kemampuan indra peneliti dalam mengungkap fenomena yang ada. Kemudian, sebagai sebuah penelitian desain didaktis, peneliti

ini memiliki keterbatasan dalam keluasan kesempatan dalam menganalisis *learning obstacle* yang lebih menyeluruh untuk memfasilitasi siswa secara lebih inklusif, yang seharusnya semuanya pada akhirnya dapat difasilitasi dalam membangun konstruksi berpikir mereka. Titik keberangkatan penelitian ini telah dimulai dengan asumsi kekurangan hasil belajar siswa yang kemudian menghasilkan variasi *learning obstacle* yang lebih beragam. Namun, cakupan tersebut dapat bertambah seiring meluasnya domain dan eksplorasi *learning obstacle* yang lebih lebar. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam luasnya eksplorasi tersebut dengan waktu yang dimiliki. Oleh karenanya, fokus eksplorasi saat ini dilakukan dengan memilih partisipan di sekolah yang dirasa dapat mencakup sebanyak mungkin kemungkinan, dengan satu sekolah dan banyak partisipan yang terbatas yakni 20 siswa.

Karenanya, peneliti memberikan beberapa rekomendasi untuk peneliti yang akan datang dalam melanjutkan diskusi dalam topik yang serupa, untuk guru sebagai fasilitator pembelajaran bagi siswa, dan untuk pengambil kebijakan dalam pendidikan di Indonesia sebagai penentu susunan kurikulum sekarang dan di masa yang akan datang. Keterbukaan eksplorasi dalam antisipasi yang akan terus berkembang dapat diteruskan sebagai usaha untuk memprediksi *learning trajectory* siswa sebaik mungkin dan memperbaiki potensi desain didaktis untuk mengatasi *learning obstacle* bahkan hingga ke *obstacle of ontogenic origin* yang dalam penelitian ini tidak sepenuhnya dapat diatasi. Kemudian, masih dalam cakupan yang sama beberapa aspek dalam kajian transposisi didaktik, utamanya pada kajian dalam *learnt knowledge* dapat diperluas dengan lebih banyak partisipan yang terlibat, untuk menggali fenomena yang lebih *general*. Semakin menyeluruh dan umum kajian tentang pengetahuan yang diakuisisi oleh siswa yang lebih banyak, termasuk kajian epistemologinya tentang bagaimana proses yang dilalui oleh siswa, maka akan membawa ke kajian transposisi secara menyeluruh lebih komprehensif. Dalam sistem didaktik aritmetika pecahan, peneliti tentunya merekomendasikan desain didaktis yang telah disusun sebagai pertimbangan alternatif sajian *knowledge to be taught* di luar dari kurikulum yang berlaku, untuk diterapkan maupun diuji secara epistemik.

Sebagai rekomendasi terkait *policy* atau kebijakan, dalam lingkup masyarakat sosial yang lebih tinggi, peneliti memberikan rekomendasi kepada segala pihak yang bertanggung jawab pada hasil belajar yang didapatkan oleh siswa, baik itu pengajar, masyarakat sosial di lingkungan di luar sistem didaktik, hingga ke pengampu kepentingan dalam sistem yang lebih tinggi pada level *co-determinacy*, lingkungan sosial yang terlibat secara langsung juga termasuk pada pengambil kebijakan untuk menentukan kurikulum yang berlaku di suatu negara, termasuk Indonesia. Sistem pendidikan di Indonesia tentunya dipengaruhi oleh tujuan-tujuan yang ingin dicapai pada rencana yang telah ditetapkan hingga disusun kurikulum sedemikian rupa yang diterapkan pada setiap jenjang. Lingkungan sosial ini adalah level terakhir sebelum ke level peradaban atau umat manusia, sehingga kontribusinya benar-benar berdampak ke level-level di bawahnya. Setiap komponen masyarakat terdekat dari yang berada di sistem didaktik yaitu guru dan sajian pengetahuan yang akan diajarkan yang akan berinteraksi dengan siswa, bersama dengan komponen-komponen lain di luar sistem didaktik seperti teman sejawat, keluarga, masyarakat umum, hingga negara. Peneliti merekomendasikan, berdasarkan penelitian ini, kajian-kajian yang kontinu tentang kurikulum yang dilaksanakan dilakukan baik oleh penyusun kurikulum, oleh peneliti, hingga oleh guru yang semuanya mempengaruhi pengetahuan yang diakuisisi oleh siswa. Pengkaji kurikulum direkomendasikan untuk selalu melihat evaluasi yang terjadi di lingkup yang paling kecil yaitu kelas, karena di sanalah proses implementasi dari kebijakan tersebut berjalan. Segala bentuk masukan baik dalam bentuk penelitian maupun masukan langsung dapat dipertimbangkan untuk evaluasi dan revisi terhadap segala bahan ajar yang digunakan oleh siswa. Lalu, guru sebagai penanggung jawab yang memfasilitasi difusi pengetahuan direkomendasikan untuk bersikap kritis terhadap sajian *knowledge to be taught* yang mereka sajikan untuk siswa dan mengambil tindakan antisipasi bagi setiap temuan *pinpoint* yang menurut mereka dapat dilakukan perbaikan.

Segala rekomendasi tersebut pada akhirnya juga memicu siswa untuk berpikir epistemik terhadap pengetahuan yang ditangkap oleh indra mereka sebelum dilakukan *reasoning*. Untuk bisa memfasilitasi siswa membangun pengetahuan

sebagai *justified true belief*, maka pengetahuan yang akan dibangun pun juga harus memiliki karakteristik yang serupa agar siswa dapat memaknai proses dan hasil yang diharapkan dan fasilitator dapat mendifusikan sesuai dengan desain didaktis yang memenuhi sifat sistemik dan epistemik tersebut.