

DESAIN DIDAKTIS BERORIENTASI MASALAH UNTUK MENGATASI LEARNING OBSTACLE KONSEP BILANGAN PADA MAHASISWA CALON GURU SEKOLAH DASAR

Hidayat¹, Sukmawarti², Lia Afriyanti Nasution³

¹Program Studi Pendidikan Matematika, ²Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, ³Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah, Medan, Indonesia

Email: hidayat@umnaw.ac.id; sukmawarti@umnaw.ac.id, liaafriyantinst@umnaw.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi learning obstacle pada konsep bilangan, mengembangkan desain didaktis berorientasi masalah, dan mendeskripsikan perubahan pemahaman mahasiswa calon guru sekolah dasar setelah implementasi. Penelitian menggunakan Didactical Design Research dengan dukungan analisis kuantitatif deskriptif. Analisis prospektif melibatkan 25 mahasiswa kelas 4A untuk mengidentifikasi hambatan belajar, sedangkan analisis metapedadidaktik dilakukan pada 30 mahasiswa kelas 4B melalui implementasi desain. Data diperoleh dari tes diagnostik, pretest-posttest, dokumentasi jawaban, dan catatan proses pembelajaran. Hambatan yang teridentifikasi meliputi keterbatasan pemahaman makna operasi bilangan, kesulitan mentransformasikan masalah kontekstual ke representasi matematika, ketidaktepatan memilih strategi, dan ketergantungan pada prosedur contoh. Desain didaktis memadukan masalah kontekstual, representasi visual dan manipulatif, diskusi kolaboratif, perbandingan strategi, serta refleksi. Rata-rata kelas 4A meningkat dari 50 menjadi 65 dengan N-gain 0,30, sedangkan kelas 4B meningkat dari 52 menjadi 82 dengan N-gain 0,63. Kedua nilai berada pada kategori sedang, tetapi peningkatan kelas implementasi lebih tinggi. Temuan menunjukkan bahwa desain didaktis berorientasi masalah berpotensi mengurangi hambatan belajar dan memperkuat pemahaman konsep bilangan secara deskriptif.

Kata Kunci: desain didaktis; pembelajaran berbasis masalah; learning obstacle; konsep bilangan; calon guru SD

Abstract

This study aimed to identify learning obstacles in number concepts, develop a problem-oriented didactical design, and describe changes in prospective elementary teachers' understanding after the implementation. The study employed Didactical Design Research supported by descriptive quantitative analysis. The prospective analysis involved 25 students from Class 4A to identify learning obstacles, while the metapedadidactic analysis was conducted with 30 students from Class 4B through design implementation. Data were collected using diagnostic tests, pretests and posttests, written-response documentation, and classroom process notes. The identified obstacles included limited understanding of the meaning of number operations, difficulty translating contextual problems into mathematical representations, inappropriate strategy selection, and dependence on worked-example procedures. The didactical design integrated contextual problems, visual and manipulative representations, collaborative discussion, strategy comparison, and reflection. The mean score of Class 4A increased from 50 to 65 with an N-gain of 0.30, whereas Class 4B increased from 52 to 82 with an N-gain of 0.63. Both gains were in the moderate category, although the implementation class demonstrated a higher improvement. These findings indicate that the problem-oriented didactical design has the potential to reduce learning obstacles and strengthen conceptual understanding of numbers descriptively.

Keywords: didactical design; problem-based learning; learning obstacle; number concepts; prospective elementary teachers

PENDAHULUAN

Konsep bilangan dan operasi merupakan fondasi bagi pembelajaran matematika sekolah dasar karena menjadi prasyarat bagi pemahaman pecahan, pengukuran, aljabar awal, dan pemecahan masalah. Standar pembelajaran matematika menekankan bahwa peserta didik tidak hanya perlu menguasai prosedur hitung, tetapi juga memahami makna bilangan, hubungan antarbilangan, representasi, serta alasan di balik suatu strategi (NCTM, 2000). Dalam pendidikan calon guru sekolah dasar, penguasaan tersebut menjadi semakin penting karena mahasiswa kelak harus menjelaskan konsep kepada siswa, menafsirkan kesalahan, dan merancang pengalaman belajar yang sesuai dengan tahap perkembangan berpikir.

Penguasaan prosedural yang tidak disertai pemahaman konseptual dapat menimbulkan kesulitan ketika masalah disajikan dalam bentuk berbeda dari contoh yang pernah dipelajari. Pengetahuan yang terbatas pada konteks tertentu merupakan salah satu bentuk hambatan epistemologis, sedangkan ketidaksesuaian tuntutan belajar dengan kesiapan mahasiswa dapat memunculkan hambatan ontogenik. Hambatan juga dapat bersumber dari desain pembelajaran yang terlalu mekanistik, berorientasi pada hafalan algoritma, dan kurang memberi kesempatan untuk membangun makna; kondisi ini disebut hambatan didaktis (Brousseau, 2002; Suryadi, 2019). Dengan demikian, kesalahan mahasiswa tidak cukup dipandang sebagai kelemahan individual, tetapi perlu dianalisis dalam relasi antara materi, pengalaman belajar sebelumnya, dan situasi didaktis yang disediakan.

Kajian tentang konsep bilangan menunjukkan bahwa hambatan belajar dapat muncul pada pemaknaan bilangan, penggunaan lambang, operasi, dan penerapan dalam konteks. Pauji et al. (2023) menemukan variasi hambatan ontogenik, didaktis, dan epistemologis dalam pengenalan bilangan. Pada materi pecahan, Hariyani et al. (2022) juga melaporkan keterbatasan pengetahuan dasar, kesalahan operasi, dan kesulitan menyelesaikan masalah. Temuan tersebut menegaskan perlunya diagnosis hambatan belajar sebelum dosen atau guru menentukan bentuk intervensi pembelajaran.

Didactical Design Research (DDR) menyediakan kerangka untuk menghubungkan diagnosis hambatan belajar dengan pengembangan situasi pembelajaran. DDR mencakup analisis prospektif sebelum pembelajaran, analisis metapedadidaktik selama implementasi, dan analisis retrospektif setelah pembelajaran. Melalui kerangka ini, pendidik merancang situasi didaktis, memprediksi kemungkinan respons mahasiswa, menyiapkan antisipasi didaktis-pedagogis, mengamati respons aktual, kemudian merevisi desain berdasarkan bukti pelaksanaan. Pendekatan tersebut relevan bagi pendidikan calon guru karena mahasiswa tidak hanya mempelajari materi, tetapi juga mengalami contoh

perancangan pembelajaran yang responsif terhadap kesulitan belajar.

Desain didaktis dalam penelitian ini diorientasikan pada masalah kontekstual. Masalah berfungsi sebagai titik awal untuk mengaktifkan pengetahuan awal, mendorong representasi, mempertemukan beragam strategi, dan memfasilitasi argumentasi. Pembelajaran berbasis masalah dapat mendorong konstruksi pengetahuan melalui penyelidikan dan kolaborasi ketika bantuan diberikan secara terarah (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006). Penggunaan representasi visual dan benda manipulatif juga dapat menjembatani objek matematika yang abstrak dengan pengalaman konkret, tetapi efektivitasnya bergantung pada keterkaitan yang eksplisit antara benda, gambar, bahasa, dan simbol matematika (Ainsworth, 2006; Carbonneau et al., 2013).

Perancangan situasi didaktis dipandu oleh *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT), yang memuat tujuan belajar, rangkaian aktivitas, dan hipotesis perkembangan berpikir mahasiswa. HLT bukan urutan yang kaku, melainkan dugaan berbasis teori dan bukti yang perlu diuji melalui respons aktual peserta didik (Simon, 1995; Simon et al., 2018). Dalam konteks konsep bilangan, HLT digunakan untuk memperkirakan transisi dari penalaran yang bergantung pada contoh menuju kemampuan merepresentasikan, memilih operasi, menjelaskan strategi, dan memeriksa kewajaran hasil.

Penelitian desain didaktis sebelumnya lebih banyak dilakukan pada siswa sekolah dan materi tertentu, seperti geometri atau pecahan (Fauzi & Arini, 2021; Hidayat & Khayroiyah, 2018). Kajian yang memadukan identifikasi *learning obstacle*, HLT, orientasi masalah, dan implementasi pada mahasiswa calon guru sekolah dasar masih perlu diperkuat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan: (1) mengidentifikasi hambatan belajar mahasiswa pada konsep bilangan; (2) mengembangkan desain didaktis berorientasi masalah berdasarkan hambatan tersebut; dan (3) mendeskripsikan perubahan pemahaman serta respons belajar mahasiswa setelah implementasi desain.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan *Didactical Design Research* dengan dukungan data kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian tidak hanya mengukur perubahan hasil belajar, tetapi juga menelusuri hambatan, memprediksi respons, mengembangkan situasi didaktis, dan mengevaluasi hubungan antara desain dengan respons aktual mahasiswa. Data kuantitatif digunakan untuk memberikan gambaran perubahan skor sebelum dan sesudah pembelajaran, bukan untuk menarik kesimpulan kausal melalui pengujian eksperimen acak.

Subjek dan konteks penelitian

Penelitian dilaksanakan pada mahasiswa semester IV Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar

Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah. Sebanyak 25 mahasiswa kelas 4A dilibatkan pada analisis prospektif untuk mengidentifikasi *learning obstacle*. Sebanyak 30 mahasiswa kelas 4B menjadi subjek implementasi desain didaktis. Kelas 4A juga digunakan sebagai pembanding deskriptif berdasarkan pembelajaran yang telah berlangsung, tetapi tidak diposisikan sebagai kelompok kontrol acak.

Tahapan penelitian

Tahap pertama adalah analisis prospektif. Pada tahap ini, jawaban tes diagnostik dikaji untuk mengidentifikasi pola kesalahan, keterbatasan pemahaman, dan sumber hambatan. Hasil analisis digunakan untuk menyusun tujuan pembelajaran, HLT, situasi masalah, prediksi respons, serta antisipasi didaktis-pedagogis. Tahap kedua adalah analisis metapedadidaktik melalui implementasi desain pada kelas 4B. Dosen mengamati respons aktual, memberikan pertanyaan penuntun, dan menyesuaikan bantuan tanpa mengambil alih proses berpikir mahasiswa. Tahap ketiga adalah analisis retrospektif dengan membandingkan respons prediktif dan aktual, menelaah perubahan strategi, serta menganalisis hasil *pretest-posttest*.



Gambar 1. Alur Didactical Design Research yang digunakan

Instrumen dan analisis data

Data dikumpulkan melalui tes diagnostik *learning obstacle*, tes pemahaman konsep bilangan sebelum dan sesudah pembelajaran, dokumentasi jawaban tertulis, dan catatan proses implementasi. Indikator tes mencakup pemahaman bilangan dan lambang bilangan, pemaknaan operasi, hubungan antarbilangan, pemodelan situasi kontekstual, pemilihan strategi, dan pemeriksaan hasil. Data kualitatif dianalisis melalui pengelompokan respons, identifikasi pola kesalahan, penafsiran sumber hambatan, dan perbandingan antara prediksi dengan respons aktual. Data kuantitatif dianalisis menggunakan rata-rata, selisih skor, dan *normalized gain* dengan rumus:

$$N\text{-gain} = (\text{skor posttest} - \text{skor pretest}) / (100 - \text{skor pretest})$$

Kategori *N-gain* mengacu pada Hake (1998), yaitu rendah untuk $g < 0,30$, sedang untuk $0,30 \leq g < 0,70$, dan tinggi untuk $g \geq 0,70$. Karena data individual dan hasil uji prasyarat statistik tidak tersedia dalam naskah sumber, istilah “signifikan” tidak digunakan;

efektivitas ditafsirkan secara deskriptif berdasarkan pola respons dan besarnya peningkatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi *learning obstacle*

Analisis tes diagnostik pada kelas 4A menunjukkan bahwa kemampuan melakukan perhitungan rutin belum selalu disertai pemahaman konseptual yang memadai. Pada soal yang bentuknya langsung dan serupa dengan contoh, sebagian mahasiswa dapat menghasilkan jawaban yang benar. Namun, ketika diminta menjelaskan alasan penggunaan suatu operasi, mengubah situasi kontekstual ke model matematika, menggunakan representasi lain, atau memeriksa kewajaran hasil, respons mahasiswa menjadi kurang konsisten. Temuan ini menunjukkan bahwa hambatan belajar tidak hanya berkaitan dengan ketelitian komputasi, tetapi juga dengan cara mahasiswa memaknai bilangan, hubungan antarbilangan, dan fungsi setiap operasi.

Berdasarkan pola jawaban tersebut, *learning obstacle* dikelompokkan ke dalam hambatan konseptual, epistemologis, instrumental, dan didaktis. Pengelompokan ini digunakan untuk menjelaskan sumber kesulitan sekaligus menentukan bentuk respons didaktis yang diperlukan. Hambatan konseptual berkaitan dengan ketidakutuhan makna bilangan dan operasi; hambatan epistemologis tampak pada keterbatasan penggunaan pengetahuan dalam situasi yang berbeda; hambatan instrumental berhubungan dengan pemilihan dan pelaksanaan strategi; sedangkan hambatan didaktis muncul dari kebiasaan belajar yang terlalu bergantung pada contoh dan prosedur yang diberikan dosen.

Tabel 1. Hambatan belajar dan respons didaktis yang dirancang

Hambatan	Indikasi pada respons	Respons didaktis
Konseptual	Makna operasi dan hubungan antarbilangan belum dipahami secara utuh.	Menggunakan benda, gambar, garis bilangan, dan pertanyaan “mengapa”.
Epistemologis	Pengetahuan tidak mudah diterapkan ketika konteks atau bentuk soal berubah.	Menyajikan masalah bervariasi dan menghubungkan konteks–model–simbol.
Instrumental	Pemilihan strategi dan ketelitian perhitungan belum konsisten.	Membandingkan beberapa strategi dan melakukan pemeriksaan kewajaran hasil.
Didaktis	Mahasiswa bergantung pada contoh dan prosedur yang dicontohkan.	Menggunakan masalah terbuka, diskusi, presentasi, dan refleksi strategi.

Hambatan konseptual terlihat ketika mahasiswa memperlakukan operasi bilangan terutama sebagai aturan manipulasi simbol. Penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian dapat dikerjakan secara prosedural, tetapi hubungan antarkonsep belum selalu dapat dijelaskan. Misalnya, mahasiswa belum konsisten memaknai pengurangan sebagai proses mengambil, membandingkan, atau menentukan selisih; demikian pula perkalian dan pembagian belum selalu dipahami sebagai hubungan pengelompokan, pengulangan, dan pembagian yang saling berkaitan. Akibatnya, jawaban yang benar secara numerik belum selalu disertai alasan matematis yang kuat.

Hambatan epistemologis muncul ketika pengetahuan yang dikuasai pada satu bentuk soal tidak segera digunakan pada bentuk soal lain. Mahasiswa cenderung lebih berhasil apabila kata kunci dan struktur soal sesuai dengan contoh yang pernah dipelajari. Ketika informasi disajikan dalam narasi yang lebih kompleks, memuat data yang perlu dipilih, atau menuntut lebih dari satu tahap penyelesaian, sebagian mahasiswa mengalami kesulitan menentukan hubungan kuantitatif yang relevan. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pengetahuan masih terikat pada konteks tertentu dan belum berkembang menjadi struktur pemahaman yang fleksibel.

Hambatan instrumental tampak pada ketidaktepatan memilih representasi dan strategi penyelesaian. Beberapa mahasiswa langsung melakukan operasi hitung sebelum mengidentifikasi apa yang diketahui dan ditanyakan. Mahasiswa juga belum terbiasa memeriksa kembali kesesuaian model, langkah perhitungan, dan hasil akhir dengan konteks

masalah. Dalam kondisi demikian, kesalahan tidak hanya bersumber dari kemampuan menghitung, tetapi dari belum terbentuknya kebiasaan merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi proses penyelesaian.

Hambatan didaktis terlihat dari kecenderungan mahasiswa menunggu contoh penyelesaian dari dosen dan meniru pola yang telah ditunjukkan. Kebiasaan ini membatasi kesempatan untuk mengembangkan strategi sendiri, mengemukakan dugaan, dan membandingkan berbagai cara. Ketika pembelajaran sebelumnya lebih banyak menekankan jawaban akhir dan prosedur baku, mahasiswa menjadi kurang yakin menggunakan representasi atau strategi alternatif walaupun cara tersebut secara matematis dapat dipertanggungjawabkan.

Keempat hambatan tersebut saling berkaitan. Pemahaman konseptual yang belum utuh menyebabkan mahasiswa sulit melakukan transfer ke masalah baru; keterbatasan transfer memengaruhi pemilihan strategi; sementara pembelajaran yang terlalu prosedural memperkuat ketergantungan pada contoh. Oleh karena itu, desain didaktis tidak cukup hanya menambah latihan, tetapi perlu mengubah situasi belajar agar mahasiswa membangun makna, menggunakan beragam representasi, menjelaskan alasan, dan merefleksikan strategi yang digunakan. Temuan ini sejalan dengan Pauji et al. (2023) serta pandangan Brousseau (2002) bahwa hambatan belajar perlu dipahami melalui hubungan antara pengetahuan, peserta didik, dan situasi didaktis.

Pengembangan desain didaktis dan HLT

Desain didaktis dikembangkan sebagai respons langsung terhadap hambatan yang telah teridentifikasi. Masalah kontekstual ditempatkan sebagai titik awal agar mahasiswa terlebih dahulu memahami hubungan kuantitatif sebelum memilih operasi. Setiap situasi mengarahkan mahasiswa melalui tahapan memahami masalah, mengidentifikasi informasi, membuat model dengan benda konkret, gambar, garis bilangan, tabel, atau simbol, memilih strategi, menjelaskan alasan, membandingkan penyelesaian, dan memeriksa kewajaran hasil. Dengan struktur tersebut, aktivitas belajar tidak berhenti pada memperoleh jawaban, tetapi menekankan proses pembentukan makna.

Pada tahap perancangan, setiap prediksi respons mahasiswa dipasangkan dengan antisipasi didaktis-pedagogis. Apabila mahasiswa langsung menghitung tanpa memahami konteks, dosen mengajukan pertanyaan tentang apa yang diketahui, apa yang ditanyakan, dan hubungan antarbesaran. Apabila mahasiswa keliru memilih operasi, dosen menghadirkan representasi alternatif atau contoh pembandingan. Apabila mahasiswa memperoleh jawaban berbeda, perbedaan tersebut digunakan sebagai bahan diskusi untuk menilai kelebihan, keterbatasan, dan ketepatan setiap strategi. Antisipasi ini menjaga agar bantuan bersifat menuntun, bukan menggantikan proses berpikir mahasiswa.

Tabel 2. Komponen Hypothetical Learning Trajectory konsep bilangan

Komponen	Rancangan
Tujuan	Memahami makna bilangan dan operasi, menggunakan beragam representasi, menyelesaikan masalah kontekstual, dan menjelaskan strategi.
Masalah awal	Situasi sehari-hari yang melibatkan perubahan, perbandingan, pengelompokan, pembagian, dan hubungan antarbilangan.
Aktivitas	Memahami masalah; memodelkan dengan benda, gambar, atau simbol; membandingkan strategi; memformalkan konsep; melakukan refleksi.
Hipotesis proses	Mahasiswa bergerak dari pengenalan konteks menuju representasi, pemilihan operasi, strategi yang fleksibel, dan justifikasi.
Antisipasi	Pertanyaan penuntun, manipulatif, garis bilangan, contoh kontra, diskusi pasangan, dan pemeriksaan jawaban.

Struktur *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) memungkinkan desain pembelajaran tetap terarah sekaligus adaptif. Tujuan pembelajaran memberi arah terhadap kemampuan yang hendak dibangun, rangkaian aktivitas menyediakan pengalaman belajar secara bertahap, sedangkan hipotesis proses membantu dosen memperkirakan kemungkinan jalur berpikir mahasiswa. Jalur tersebut dimulai dari pemahaman konteks, bergerak menuju pembentukan representasi, pemilihan operasi, penggunaan strategi yang semakin efisien, pemberian justifikasi, dan akhirnya formalisasi konsep.

Pada tahap orientasi masalah, mahasiswa tidak langsung diminta menerapkan rumus, tetapi menafsirkan situasi dan menentukan hubungan antarbilangan. Tahap ini ditujukan untuk mengurangi kecenderungan memilih operasi berdasarkan kata kunci semata. Dosen mendorong mahasiswa menyatakan kembali masalah dengan bahasa sendiri, mengidentifikasi informasi yang relevan, serta memperkirakan bentuk jawaban yang masuk akal sebelum melakukan perhitungan.

Pada tahap representasi dan eksplorasi, mahasiswa menggunakan benda konkret, gambar, garis bilangan, tabel, atau simbol untuk memperlihatkan struktur masalah. Penggunaan lebih dari satu representasi membantu mahasiswa melihat bahwa simbol matematika merupakan bentuk ringkas dari hubungan yang telah dibangun melalui objek atau gambar. Ketika terjadi ketidaksesuaian antara model dan operasi, dosen mengarahkan mahasiswa untuk

kembali pada konteks dan menjelaskan makna setiap unsur dalam representasi.

Pada tahap diskusi dan perbandingan strategi, mahasiswa mempresentasikan cara penyelesaian dan menanggapi strategi kelompok lain. Aktivitas ini membuka kemungkinan munculnya strategi yang berbeda, seperti pengelompokan, penguraian bilangan, penggunaan sifat operasi, atau representasi visual. Perbandingan tidak diarahkan untuk menentukan satu cara yang selalu paling benar, tetapi untuk menilai strategi berdasarkan ketepatan, kejelasan, efisiensi, serta kemudahannya dipahami oleh siswa sekolah dasar.

Tahap formalisasi dan refleksi digunakan untuk menghubungkan temuan mahasiswa dengan istilah, simbol, dan prinsip matematika yang lebih formal. Mahasiswa diminta menyimpulkan konsep yang dipelajari, menjelaskan perubahan pemahamannya, dan memeriksa kembali apakah hasil sesuai dengan konteks. Dalam implementasi, respons aktual mahasiswa menunjukkan variasi: sebagian dapat langsung menggunakan simbol, sedangkan sebagian lain memerlukan bantuan visual atau pertanyaan penuntun. Variasi tersebut menjadi dasar bagi dosen untuk menyesuaikan intervensi dan memperbaiki HLT. Hal ini sejalan dengan Simon (1995) dan Simon et al. (2018), yang menempatkan HLT sebagai hipotesis yang berkembang melalui interaksi antara rancangan dan aktivitas belajar aktual.

Perubahan hasil belajar dan respons mahasiswa

Rata-rata *pretest* kelas 4A adalah 50, sedangkan kelas 4B adalah 52. Selisih dua poin menunjukkan bahwa pemahaman awal kedua kelas berada pada tingkat yang relatif berdekatan. Pada tahap awal, kesulitan yang muncul pada kedua kelas terutama berkaitan dengan pemaknaan operasi, transformasi masalah ke model matematika, pemilihan strategi, dan pemberian alasan. Setelah pembelajaran, rata-rata kelas 4A meningkat menjadi 65, sedangkan kelas 4B yang memperoleh implementasi desain didaktis mencapai 82. Ringkasan perubahan skor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan skor pemahaman konsep bilangan

Kelas	n	Pre	Pos t	Δ	N-gain
4A (pembanding deskriptif)	25	50	65	15	0,30 (sedang)
4B (implementasi)	30	52	82	30	0,63 (sedang)

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kelas 4B mengalami peningkatan sebesar 30 poin, sedangkan kelas 4A meningkat sebesar 15 poin. Dengan demikian, peningkatan skor pada kelas implementasi mencapai dua kali peningkatan pada kelas pembandingan deskriptif. Nilai *N-gain* kelas 4B sebesar 0,63 dan kelas 4A sebesar 0,30; keduanya berada pada kategori sedang. Meskipun berada dalam kategori yang sama, posisi nilai *N-gain* kelas 4B mendekati batas atas kategori sedang dan menunjukkan pertumbuhan pemahaman yang lebih kuat daripada kelas 4A.

Peningkatan nilai rata-rata dari 52 menjadi 82 menunjukkan bahwa setelah implementasi, mahasiswa lebih mampu menghadapi tuntutan tes yang tidak hanya memerlukan hasil perhitungan, tetapi juga pemahaman hubungan bilangan, pemodelan masalah, dan penentuan strategi. Kenaikan skor tersebut selaras dengan tujuan desain yang mengarahkan mahasiswa bergerak dari penggunaan prosedur secara langsung menuju pemahaman yang lebih terstruktur. Dengan kata lain, perubahan hasil belajar tidak berdiri sendiri, tetapi berhubungan dengan perubahan cara mahasiswa membaca masalah, membentuk representasi, dan menjelaskan langkah penyelesaian.

Catatan implementasi menunjukkan perubahan pada kualitas partisipasi mahasiswa. Pada awal pembelajaran, sebagian mahasiswa cenderung menunggu contoh atau konfirmasi dari dosen sebelum memulai penyelesaian. Setelah masalah kontekstual diberikan, mahasiswa mulai mendiskusikan informasi yang diketahui, menentukan apa yang harus dicari, dan mengusulkan bentuk representasi yang dapat digunakan. Pertanyaan yang muncul dalam kelompok juga bergeser dari sekadar “operasi apa yang dipakai” menuju “mengapa operasi tersebut sesuai” dan “bagaimana cara membuktikan bahwa hasilnya masuk akal”.

Penggunaan representasi visual dan manipulatif membantu mahasiswa mengeksternalisasi proses berpikir. Mahasiswa yang semula kesulitan menjelaskan hubungan antarbilangan dapat menggunakan gambar, pengelompokan benda, atau garis bilangan untuk memperlihatkan makna operasi. Setelah struktur masalah terlihat, mahasiswa lebih mudah menghubungkannya dengan simbol matematika. Transisi dari konteks ke representasi dan dari representasi ke simbol menjadi bagian penting dalam mengurangi hambatan konseptual.

Diskusi antarkelompok memperlihatkan bahwa strategi yang berbeda dapat menghasilkan jawaban yang sama. Mahasiswa belajar menilai strategi berdasarkan ketepatan model, konsistensi langkah, efisiensi perhitungan, dan kemudahan penjelasan. Ketika terdapat jawaban yang tidak sesuai, dosen tidak langsung memberikan koreksi akhir, tetapi meminta mahasiswa menelusuri kembali hubungan antara konteks, model, dan operasi. Proses ini mendorong

mahasiswa menemukan sumber kesalahan dan memperbaiki penyelesaiannya secara lebih mandiri.

Perubahan tersebut memiliki makna khusus bagi mahasiswa calon guru sekolah dasar. Mereka tidak hanya memerlukan kemampuan memperoleh jawaban benar, tetapi juga kemampuan menafsirkan strategi siswa, menjelaskan konsep melalui beberapa representasi, mengajukan pertanyaan penuntun, dan memilih contoh yang sesuai. Dengan mengalami langsung desain didaktis berorientasi masalah, mahasiswa memperoleh pengalaman sebagai pembelajar sekaligus gambaran tentang bagaimana situasi pembelajaran matematika dapat dirancang secara responsif terhadap hambatan belajar.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya keterkaitan antara diagnosis hambatan, rancangan situasi didaktis, respons mahasiswa, dan perubahan hasil belajar. Desain tidak disusun dengan menambahkan latihan yang lebih banyak, tetapi dengan mengubah cara konsep dihadirkan dan dipelajari. Hambatan konseptual ditanggapi melalui representasi; hambatan epistemologis melalui variasi konteks; hambatan instrumental melalui perencanaan, perbandingan, dan pemeriksaan strategi; sedangkan hambatan didaktis ditanggapi melalui masalah terbuka, diskusi, serta pertanyaan penuntun. Kesesuaian antara hambatan dan respons didaktis inilah yang menjadi mekanisme utama perbaikan pembelajaran.

Masalah kontekstual berperan membangun kebutuhan intelektual untuk menggunakan bilangan dan operasi. Mahasiswa tidak memulai pembelajaran dari aturan yang telah jadi, tetapi dari situasi yang harus dipahami dan dimodelkan. Proses ini membantu mahasiswa melihat operasi sebagai alat untuk menjelaskan hubungan kuantitatif, bukan sekadar perintah menghitung. Orientasi tersebut relevan dengan pembelajaran berbasis masalah yang menempatkan masalah sebagai penggerak penyelidikan, diskusi, dan konstruksi pengetahuan (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006). Dalam penelitian ini, konteks juga berfungsi menguji apakah mahasiswa mampu mentransfer pengetahuan ketika bentuk soal tidak identik dengan contoh sebelumnya.

Penggunaan representasi visual dan manipulatif membantu mengatasi jarak antara pengalaman konkret dan simbol formal. Benda, gambar, garis bilangan, dan tabel tidak digunakan sebagai pelengkap tampilan, melainkan sebagai alat untuk memperlihatkan struktur perubahan, pengelompokan, perbandingan, dan hubungan antarbilangan. Ketika mahasiswa diminta menjelaskan hubungan antara representasi dan simbol, mereka memperoleh kesempatan untuk membangun koneksi konseptual. Ainsworth (2006) menegaskan bahwa manfaat multipel representasi muncul ketika fungsi dan hubungan antarrepresentasi dibuat eksplisit. Temuan ini juga konsisten dengan Carbonneau et al. (2013), bahwa manipulatif efektif

apabila penggunaannya diarahkan menuju pemahaman struktur matematika yang abstrak.

Diskusi kolaboratif, perbandingan strategi, dan refleksi memperluas pemahaman mahasiswa dari prosedur tunggal menuju penalaran yang lebih fleksibel. Ketika mahasiswa harus mempertahankan suatu strategi di hadapan kelompok lain, mereka terdorong mengungkapkan alasan, bukan hanya menampilkan hasil. Ketika dua strategi dibandingkan, mahasiswa belajar bahwa efisiensi tidak selalu berarti langkah paling singkat, tetapi cara yang tetap benar, dapat dijelaskan, dan sesuai dengan karakteristik masalah. Aktivitas memeriksa kembali hasil juga memperkuat tahap “melihat kembali” dalam pemecahan masalah Polya (2004).

HLT dan analisis metapedadidaktik membuat pembelajaran berlangsung adaptif. Prediksi respons memberi kesiapan kepada dosen, sedangkan respons aktual menentukan bentuk bantuan yang diberikan pada saat pembelajaran. Ketika mahasiswa membutuhkan representasi konkret, dosen menyediakan jembatan visual; ketika mahasiswa telah mampu membangun model, bantuan dialihkan pada justifikasi dan generalisasi. Pola ini memperlihatkan bahwa desain didaktis bukan skenario yang kaku, tetapi kerangka pengambilan keputusan pedagogis berdasarkan perkembangan berpikir mahasiswa. Dengan demikian, kualitas desain terletak tidak hanya pada urutan aktivitas, tetapi juga pada kemampuan dosen membaca respons dan memberikan intervensi yang tepat.

Perubahan skor mendukung hasil pengamatan proses pembelajaran. Nilai *N-gain* 0,63 pada kelas implementasi menunjukkan peningkatan yang substansial dalam kategori sedang dan lebih tinggi daripada nilai 0,30 pada kelas pembandingan. Perbedaan besarnya peningkatan memperlihatkan bahwa pembelajaran yang memadukan masalah, representasi, diskusi, dan refleksi memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan pembelajaran yang tidak menggunakan keseluruhan komponen desain tersebut. Data kuantitatif dan catatan implementasi saling melengkapi: peningkatan skor menggambarkan perubahan hasil, sedangkan respons mahasiswa menjelaskan proses yang mendukung perubahan tersebut.

Bagi pendidikan calon guru, temuan ini menunjukkan bahwa penguasaan materi dan pengetahuan pedagogis dapat dikembangkan secara bersamaan. Saat mahasiswa membandingkan representasi dan strategi, mereka belajar matematika sekaligus belajar bagaimana menjelaskan matematika. Saat mahasiswa menelusuri kesalahan, mereka berlatih mengenali cara berpikir peserta didik. Pengalaman tersebut sejalan dengan Shulman (1986) mengenai pentingnya mengintegrasikan pengetahuan isi dengan pengetahuan tentang cara mengajarkan isi agar dapat dipahami oleh peserta didik.

Hasil penelitian ini memperkuat temuan Fauzi dan Arini (2021) serta Hidayat dan Khayroiyyah (2018)

bahwa desain didaktis yang dibangun dari kesulitan aktual peserta didik dapat mengurangi kesalahan dan memperbaiki proses pembelajaran matematika. Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan DDR pada mahasiswa calon guru sekolah dasar dan integrasi antara identifikasi *learning obstacle*, HLT, masalah kontekstual, multipel representasi, antisipasi didaktis-pedagogis, serta analisis perubahan hasil belajar dalam satu rangkaian. Integrasi tersebut menghasilkan desain yang tidak hanya berorientasi pada pencapaian nilai, tetapi juga pada pembentukan cara berpikir matematis dan kesiapan pedagogis calon guru.

Penelitian ini dilaksanakan pada dua kelas dalam satu program studi sehingga penerapan desain pada konteks lain perlu disesuaikan dengan karakteristik mahasiswa, materi, dan lingkungan belajar. Dokumentasi respons pada setiap tahap HLT juga perlu terus diperkuat agar revisi desain berikutnya semakin spesifik. Meskipun demikian, hasil yang diperoleh memberikan dasar yang jelas bahwa analisis hambatan belajar sebelum pembelajaran dan antisipasi terhadap respons mahasiswa merupakan langkah penting dalam merancang pembelajaran konsep bilangan yang lebih bermakna.

KESIMPULAN

Mahasiswa calon guru sekolah dasar mengalami hambatan pada pemaknaan operasi bilangan, transfer pengetahuan ke masalah kontekstual, pemilihan strategi, dan ketergantungan pada prosedur contoh. Berdasarkan hambatan tersebut, dikembangkan desain didaktis berorientasi masalah yang memadukan situasi kontekstual, representasi visual dan manipulatif, diskusi kolaboratif, perbandingan strategi, formalisasi konsep, dan refleksi. HLT membantu menghubungkan tujuan, aktivitas, hipotesis respons, dan antisipasi didaktis-pedagogis.

Implementasi desain menunjukkan peningkatan rata-rata kelas 4B dari 52 menjadi 82 dengan *N-gain* 0,63 dalam kategori sedang, lebih tinggi daripada kelas 4A yang meningkat dari 50 menjadi 65 dengan *N-gain* 0,30. Peningkatan skor disertai perubahan respons mahasiswa, yaitu lebih aktif memodelkan masalah, menggunakan representasi, membandingkan strategi, mengemukakan alasan, dan memeriksa hasil. Temuan ini menegaskan bahwa desain didaktis berorientasi masalah dapat mengurangi *learning obstacle* dan memperkuat pemahaman konsep bilangan sekaligus mendukung kesiapan pedagogis mahasiswa calon guru sekolah dasar. Pengembangan berikutnya dapat memperluas penerapan desain pada materi matematika lain dan konteks pendidikan calon guru yang lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>

- Brousseau, G. (2002). *Theory of didactical situations in mathematics*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2>
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380–400. <https://doi.org/10.1037/a0031084>
- Fauzi, I., & Arini, R. (2021). Desain didaktis penjumlahan dan pengurangan pecahan campuran di sekolah dasar. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 5(1), 1–30. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v5i1.225>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hariyani, M., Herman, T., Suryadi, D., & Prabawanto, S. (2022). Exploration of student learning obstacles in solving fraction problems in elementary school. *International Journal of Educational Methodology*, 8(3), 505–515. <https://doi.org/10.12973/ijem.8.3.505>
- Hidayat, & Khayroiyah, S. (2018). Pengembangan desain didaktis pada pembelajaran geometri. *Jurnal MathEducation Nusantara*, 1(1), 15–19.
- Hidayat, Sukmawarti, & Suwanto. (2021). Desain lembar aktivitas siswa berbasis problem posing pada pembelajaran matematika SD. *Jurnal MathEducation Nusantara*, 4(1), 10–18.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16, 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.
- Pauji, I., Suryadi, D., Setambah, M. A. B. B., & Hendriyanto, A. (2023). Learning obstacle in the introduction to number: A critical study within Didactical Design Research framework. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 430–451. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v6i3.19792>
- Polya, G. (2004). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114–145. <https://doi.org/10.2307/749205>
- Simon, M. A., Placa, N., Kara, M., & Avitzur, A. (2018). Empirically-based hypothetical learning trajectories for fraction concepts: Products of the Learning Through Activity research program. *The Journal of Mathematical Behavior*, 52, 188–200. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2018.03.003>
- Suryadi, D. (2019). *Landasan filosofis penelitian desain didaktis (DDR)*. Gapura Press.