SIMFONI: Jurnal Sains dan Sosial Multidisipliner
Volume 1 | Nomor 4 | Agustus |2026
e-ISSN: 3124-1107
DOI: https://doi.org/10.65430/jssm.v1i4.75

Profile of Conceptual Understanding and Pedagogical Competence of Primary Teacher Education Students in Elementary Mathematics Learning

Profil Pemahaman Konseptual dan Kemampuan Pedagogis Mahasiswa PGSD dalam Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar

Nawal Ika Susanti[1] , Moh. Abdul Qohar[1], Lioni Anka Monalisa[2], Saddam Hussen[2]
Universitas KH. Mukhtar Syafaat Blokagung Banyuwangi[1] , Universitas Jember[2]

Keywords :
Conceptual Understanding; Pedagogical Ability; Preservice Primary Teachers; Elementary Mathematics; Mathematical Knowledge For Teaching

Corespondensi Author
Nawal Ika Susanti
Universitas KH. Mukhtar Syafaat Blokagung Banyuwangi
Email: nawalika@iaida.ac.id

History Artikel
Received: 06-08-2026;
Reviewed: 15-08-2026
Revised: 20-08-2026
Accepted: 28-08-2026
Published: 30-08-2026

Abstract. *This study describes the conceptual understanding and pedagogical competence of 37 Primary Teacher Education students in elementary mathematics. A descriptive document analysis combined quantitative scoring and qualitative analysis of 185 evaluative feedback notes from an anonymized assessment document in one learning group in East Java. Five domains were examined: place value and base-ten blocks, properties of division, factors and prime factorization, least common multiples using the ladder method, and multiplication of negative integers. The overall mean was 91.14 (SD = 6.88). An exploratory reclassification of rubric indicators showed conceptual understanding of 94.75% and pedagogical competence of 85.41%. The lowest domain was negative-integer multiplication (85.15%). The weakest indicators involved explaining the pedagogical advantage of the ladder method (80.0%) and representing negative multiplication with a coin/charge model (80.3%). The findings suggest that students were generally accurate in concepts and procedures but less consistent in converting mathematical knowledge into explanations, representations, and instructional rationales. Teacher education should therefore strengthen links among mathematical meaning, multiple representations, anticipated misconceptions, and pedagogical explanation.*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Pendahuluan

Kompetensi calon guru sekolah dasar dalam matematika tidak cukup ditunjukkan oleh kemampuan memperoleh jawaban benar. Guru juga harus memahami makna konsep, mengenali kemungkinan miskonsepsi siswa, memilih representasi yang tepat, serta menjelaskan alasan matematis dengan bahasa yang dapat dipahami peserta didik. Kajian mutakhir tentang pedagogical content knowledge (PCK) menegaskan bahwa kualitas pengajaran matematika bergantung pada keterhubungan antara pengetahuan materi dan cara merepresentasikan, menjelaskan, serta merespons pemikiran siswa (Sakaria et al., 2023; Fukaya et al., 2024; Grigaliūnienė et al., 2025).

Dalam konteks mathematical knowledge for teaching, calon guru perlu mengembangkan pengetahuan matematika yang secara khusus digunakan untuk pekerjaan mengajar, seperti menafsirkan strategi siswa, memilih contoh, dan menghubungkan berbagai representasi (Jacinto & Jakobsen, 2020; Fitriani et al., 2023). Kedalaman pemahaman matematika fundamental tetap menjadi fondasi penting bagi kualitas keputusan pedagogis calon guru (Ma, 2020; Fukaya et al., 2025).

Pemahaman konseptual menjadi fondasi penting karena prosedur yang benar belum selalu menunjukkan bahwa seseorang memahami mengapa prosedur tersebut bekerja. Penelitian terbaru pada calon guru memperlihatkan bahwa performa prosedural dapat lebih kuat daripada kemampuan menjelaskan struktur matematis dan alasan konseptual yang mendasarinya (Fitzmaurice & Hayes, 2020; Copur-Gencturk, 2021; Joung & Kim, 2022). Dalam konteks mahasiswa calon guru sekolah dasar di Indonesia, studi juga menunjukkan perlunya pemetaan pemahaman konsep secara diagnostik karena tingkat penguasaan dapat berbeda antar-topik dan antar-indikator (Siregar et al., 2020; Hayati & Asmara, 2021; Turmuzi et al., 2021). Kajian yang lebih baru pada mahasiswa PGSD kembali menegaskan bahwa analisis kemampuan matematika dasar penting untuk menentukan aspek yang memerlukan penguatan lebih terarah (Nurharyanto & Abdy, 2025; Arrahim, 2026).

Pada materi bilangan dasar, kesenjangan antara 'mampu menghitung' dan 'mampu menjelaskan' dapat muncul dalam berbagai bentuk. Pemahaman nilai tempat, misalnya, menuntut mahasiswa memahami bahwa proses regrouping bukan sekadar memindahkan angka, tetapi merepresentasikan kesetaraan nilai antarunit basis sepuluh. Literatur mutakhir tentang pengetahuan matematika guru menempatkan pemahaman struktur bilangan, representasi, dan hubungan antarkonsep sebagai bagian penting dari pengetahuan yang dibutuhkan untuk mengajar matematika secara bermakna (Ma, 2020; Grigaliūnienė et al., 2025). Pada sifat operasi dan pemecahan masalah, calon guru juga perlu bergerak dari pengenalan bentuk simbolik menuju kemampuan menjelaskan alasan dan strategi yang dapat dipahami siswa (Piñeiro et al., 2021; Voutsina et al., 2022). Pada konsep faktor dan faktorisasi, penelitian terhadap calon guru menunjukkan bahwa keberhasilan menjalankan prosedur belum selalu diikuti pemahaman konseptual yang memadai (Fitzmaurice & Hayes, 2020).

Kebutuhan pedagogis menjadi lebih terlihat ketika calon guru diminta mengantisipasi kesalahan siswa dan menerjemahkan konsep ke dalam model konkret. Kemampuan diagnosis terhadap pemikiran siswa merupakan bagian penting dari kompetensi calon guru karena jawaban siswa perlu dibaca bukan hanya sebagai benar atau salah, tetapi sebagai petunjuk struktur pemahaman yang dimiliki siswa (Lee et al., 2021). Penggunaan representasi visual dan berbagai bentuk representasi juga membantu calon guru menghubungkan prosedur, makna, dan strategi penjelasan (van Garderen et al., 2021; Tossavainen, 2025). Pada operasi bilangan dan pecahan, pengalaman menjelaskan pembagian melalui model dan representasi yang berbeda terbukti relevan untuk memperkuat pengetahuan calon guru tentang bagaimana suatu konsep dapat dipahami siswa (Sahin et al., 2020; Ristiana et al., 2021). Karena itu, kualitas calon guru perlu dianalisis tidak hanya dari ketepatan jawaban akhir, tetapi juga dari kemampuan memberikan alasan, analogi, model, dan strategi bimbingan yang sesuai untuk siswa sekolah dasar.

Penelitian 2020-2026 telah menelaah pengetahuan matematika calon guru pada beragam topik, antara lain bilangan bulat negatif, operasi pecahan, pemecahan masalah pecahan multilangkah, dan operasi desimal (Wessman-Enzinger et al., 2020; Copur-Gencturk, 2021; Copur-Gencturk & Doleck, 2021; Joung & Kim, 2022). Namun, dokumen asesmen yang secara

bersamaan memuat skor rinci per indikator dan umpan balik pedagogis memberikan peluang untuk melihat hubungan antara penguasaan konsep dan kemampuan menjelaskan konsep dalam satu profil yang utuh. Kajian calon guru menunjukkan bahwa pengetahuan untuk mengajar perlu dianalisis melalui keterhubungan antara penguasaan matematika dan keputusan pedagogis (Novikasari, 2020; Jacinto & Jakobsen, 2020). Penelitian terbaru pada calon guru sekolah dasar juga menunjukkan bahwa PCK numerasi mencakup kemampuan memilih representasi, memahami kesulitan siswa, dan menghubungkan pengetahuan materi dengan strategi pembelajaran (Amri et al., 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menggunakan dokumen asesmen pemahaman konsep dan kemampuan pedagogis matematika untuk memetakan profil 37 mahasiswa PGSD pada salah satu kelompok belajar di Jawa Timur. Fokus penelitian dirumuskan dalam tiga pertanyaan:

(1) Bagaimana profil pemahaman konseptual mahasiswa PGSD pada lima domain matematika dasar?
(2) Bagaimana profil kemampuan pedagogis mahasiswa dalam menjelaskan konsep matematika kepada siswa sekolah dasar?
(3) Aspek konseptual dan pedagogis apa yang masih menjadi kesulitan dominan mahasiswa?

Metode

Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan analisis dokumen yang menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk memetakan distribusi skor, capaian tiap domain, dan capaian indikator; sedangkan analisis kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi pola kebutuhan pengembangan dari umpan balik penilaian. Desain ini dipilih karena sumber data berupa rekam asesmen pembelajaran yang sudah tersedia, sehingga tujuan penelitian bukan menguji efek suatu intervensi, melainkan menggambarkan profil kemampuan yang tampak dalam dokumen asesmen.

Sumber data dan partisipan

Sumber data adalah dokumen asesmen pemahaman konsep dan kemampuan pedagogis matematika yang memuat hasil penilaian 37 mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar pada salah satu kelompok belajar mahasiswa PGSD di Jawa Timur pada tahun 2026. Seluruh identitas personal pada dokumen sumber dihilangkan dari dataset penelitian. Setiap mahasiswa diberi kode M01 sampai M37. Nama, nomor induk mahasiswa, kelompok administratif, dan identitas institusi asal responden tidak ditampilkan dalam artikel.

Instrumen dan operasionalisasi variabel

Dokumen asesmen memuat lima soal utama, masing-masing bernilai maksimum 20, sehingga skor total maksimum adalah 100. Setiap soal diuraikan lagi ke dalam indikator yang lebih spesifik. Lima domain yang dianalisis adalah: (1) analisis miskonsepsi nilai tempat dan penggunaan blok Dienes; (2) pembuktian sifat pembagian, khususnya komutatif dan asosiatif; (3) analisis faktor dan faktorisasi prima; (4) KPK dengan metode sengkedan; dan (5) konsep perkalian bilangan bulat negatif dengan bilangan negatif. Selain skor, setiap mahasiswa memperoleh catatan penilaian dan saran pengembangan untuk setiap domain.

Untuk menjawab dua konstruk utama penelitian, 16 subindikator pada rubrik direklasifikasi secara analitis menjadi dua kelompok. Sembilan subindikator yang terutama menilai ketepatan

konsep, pembuktian, prosedur matematis, dan penerapan hubungan matematika dikelompokkan sebagai pemahaman konseptual (skor maksimum 63). Tujuh subindikator yang menilai bimbingan dengan representasi, analogi, penjelasan kepada siswa, alasan pemilihan metode, dan model konkret dikelompokkan sebagai kemampuan pedagogis (skor maksimum 37). Reklasifikasi ini bersifat eksploratif dan digunakan untuk kepentingan pemetaan, bukan sebagai klaim bahwa dokumen asal merupakan skala psikometrik dua faktor yang telah tervalidasi.

Tabel 1. Operasionalisasi Domain Dan Fokus Penilaian

Domain	Fokus utama	Contoh indikator konseptual	Contoh indikator pedagogis
Nilai tempat & Blok Dienes	Miskonsepsi nilai tempat dan regrouping	Analisis miskonsepsi nilai tempat	Bimbingan penggabungan, penukaran, dan penulisan hasil
Sifat pembagian	Komutatif, asosiatif, dan makna pembagian	Pembuktian dan counter-example	Analogi pembagian sebagai pengurangan berulang
Faktor & faktorisasi prima	Pasangan faktor dan struktur faktorisasi	Tabel faktor dan pohon faktor	Penjelasan logis yang dapat dipahami siswa
KPK metode sengkedan	Prosedur, hasil, dan penerapan waktu	Proses sengkedan, KPK, urutan waktu	Alasan pedagogis keunggulan metode sengkedan
Perkalian bilangan negatif	Makna negatif x negatif	Pembuktian pola bilangan induktif	Representasi model koin/muatan

Sumber: data olahan peneliti

Teknik analisis data

Analisis kuantitatif menggunakan statistik deskriptif berupa rerata, median, simpangan baku, nilai minimum-maksimum, persentase capaian, dan distribusi frekuensi. Skor tiap domain dikonversi menjadi persentase terhadap skor maksimum 20. Skor komposit konseptual dan pedagogis dihitung sebagai persentase terhadap skor maksimum masing-masing. Tidak dilakukan uji inferensial karena penelitian berfokus pada satu kelompok dan sumber data bukan hasil sampling probabilistik.

Analisis kualitatif dilakukan terhadap 185 catatan saran pengembangan (37 mahasiswa x 5 domain). Catatan dikelompokkan berdasarkan fokus kebutuhan pengembangan, lalu dibandingkan dengan pola skor kuantitatif. Hasil coding menunjukkan 10 formulasi feedback yang berulang, yang dapat diringkas menjadi lima tema domain. Untuk menjaga jejak analisis tanpa mengungkap identitas, contoh kasus dalam hasil dan pembahasan menggunakan kode M01-M37.

Hasil

Profil capaian keseluruhan

Skor total 37 mahasiswa memiliki rerata 91,14 dari 100 (SD = 6,88), median 93, dengan rentang 79-100. Sebanyak 29 mahasiswa (78,4%) berada pada kategori nilai A pada dokumen asesmen dan 8 mahasiswa (21,6%) berada pada kategori nilai B. Tidak terdapat skor di bawah 79. Distribusi skor menunjukkan pengelompokan yang cukup kuat: delapan mahasiswa memperoleh 79, dua puluh satu mahasiswa memperoleh 93, tujuh mahasiswa memperoleh 99, dan satu mahasiswa memperoleh 100. Pola ini menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa telah menguasai sebagian besar tuntutan tugas, tetapi terdapat kelompok yang konsisten membutuhkan penguatan pada hampir seluruh domain.

Tabel 2. Statistik deskriptif skor total dan distribusi capaian

Indikator	Nilai	Kategori/Distribusi	n	Persentase
Rerata total	91,14	-	37	-
Median	93	-	37	-
Simpangan baku	6,88	-	37	-
Rentang	79-100	-	37	-
Distribusi	-	Nilai A	29	78,4%
Distribusi	-	Nilai B	8	21,6%

Profil Pemahaman Konseptual Pada Lima Domain Matematika Dasar

Capaian per domain menunjukkan empat domain pertama berada pada kisaran 92,70%-92,95%, sedangkan domain perkalian bilangan bulat negatif berada pada 85,15%. Nilai tempat dan Blok Dienes memiliki rerata tertinggi (18,59 dari 20), disusul sifat pembagian dan faktor-faktorisasi prima (masing-masing 18,57), KPK metode sengkedan (18,54), dan perkalian negatif x negatif (17,03). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa relatif mantap pada prosedur dan penalaran dasar di empat domain pertama, sementara representasi dan justifikasi pada bilangan negatif masih lebih menantang.

Tabel 3. Capaian lima domain asesmen

Domain	Rerata	SD	Median	Min	Maks	Capaian
Nilai tempat & Blok Dienes	18,59	1,44	19	16	20	92,95%
Sifat pembagian	18,57	1,42	19	16	20	92,85%
Faktor & faktorisasi prima	18,57	1,42	19	16	20	92,85%
KPK metode sengkedan	18,54	1,43	19	16	20	92,70%
Perkalian negatif x negatif	17,03	1,38	17	15	20	85,15%

Profil Kemampuan Pedagogis Dan Perbandingannya Dengan Pemahaman Konseptual

Reklasifikasi analitis subindikator menunjukkan rerata pemahaman konseptual sebesar 94,75% (SD = 5,81; median = 96,8%; rentang 84,1%-100%). Sementara itu, kemampuan pedagogis memiliki rerata 85,41% (SD = 9,21; median = 86,5%; rentang 70,3%-100%). Selisih rerata kedua komposit mencapai 9,34 poin persentase. Temuan ini memperlihatkan bahwa ketepatan konsep dan prosedur mahasiswa secara umum lebih konsisten daripada kemampuan menerjemahkan konsep ke dalam bimbingan, analogi, representasi, dan alasan instruksional.

Tabel 4. Perbandingan Komposit Konseptual Dan Pedagogis

Komposit	Skor maks.	Rerata (%)	SD	Median	Rentang
Pemahaman konseptual	63	94,75	5,81	96,8	84,1-100
Kemampuan pedagogis	37	85,41	9,21	86,5	70,3-100

Capaian Per Indikator Dan Aspek Yang Masih Menantang

Analisis 16 subindikator memberikan gambaran lebih rinci. Dua indikator mencapai 100%, yaitu bimbingan penggabungan satuan menggunakan Blok Dienes dan perhitungan KPK = 60. Sejumlah indikator konseptual juga sangat tinggi, seperti pembuktian sifat komutatif dan asosiatif, tabel pasangan faktor, pohon faktor, dan proses sengkedan (masing-masing 96,9%). Sebaliknya,

indikator yang menuntut elaborasi pedagogis berada pada capaian yang lebih rendah: penjelasan keunggulan metode sengkedan 80,0%, model koin/muatan untuk negatif x negatif 80,3%, analogi pembagian sebagai pengurangan berulang 83,3%, dan penjelasan logis kepada siswa pada faktorisasi 83,3%.

Tabel 5. Statistik Capaian 16 Subindikator

Subindikator	Maks.	Rerata	SD	Capaian
Analisis miskonsepsi nilai tempat	10	9,03	0,69	90,3%
Bimbingan penggabungan satuan	3	3,00	0,00	100,0%
Bimbingan penukaran/menyimpan	4	3,78	0,42	94,6%
Bimbingan hasil akhir & penulisan	3	2,78	0,42	92,8%
Counter-example komutatif	7	6,78	0,42	96,9%
Counter-example asosiatif	7	6,78	0,42	96,9%
Analogi pengurangan berulang	6	5,00	0,67	83,3%
Tabel pasangan faktor 48 & 50	7	6,78	0,42	96,9%
Pohon faktor & faktorisasi prima	7	6,78	0,42	96,9%
Penjelasan logis kepada siswa	6	5,00	0,67	83,3%
Proses sengkedan	7	6,78	0,42	96,9%
Perhitungan KPK = 60	3	3,00	0,00	100,0%
Penentuan waktu ke-1, ke-2, ke-3	5	4,76	0,43	95,1%
Keunggulan metode sengkedan	5	4,00	0,67	80,0%
Pembuktian pola bilangan induktif	10	9,00	0,67	90,0%
Model muatan koin +/-	10	8,03	0,73	80,3%

Pola Feedback Dan Kesulitan Dominan

Sebanyak 185 saran pengembangan membentuk 10 formulasi feedback yang berulang. Secara substantif, formulasi tersebut dapat dikelompokkan menjadi lima tema kebutuhan pengembangan sesuai lima domain. Pada 29 mahasiswa dengan capaian lebih tinggi, feedback terutama berfungsi sebagai pengayaan, sedangkan pada delapan mahasiswa dengan capaian lebih rendah feedback bersifat lebih remedial dan meminta langkah penjelasan yang lebih eksplisit. Pola ini terlihat konsisten pada lima domain.

Tabel 6. Tema Kebutuhan Pengembangan Berdasarkan Umpan Balik Penilaian

Tema	Kelompok capaian lebih tinggi (n=29)	Kelompok capaian lebih rendah (n=8)	Makna pedagogis
Nilai tempat	Menambahkan pertanyaan reflektif tentang mengapa dua digit tidak dapat ditempatkan pada satu kolom nilai tempat.	Menjelaskan tahap 10 satuan menjadi 1 puluhan: tindakan guru, pengamatan siswa, dan kalimat penjelas.	Dari manipulasi alat menuju eksplisitasi makna regrouping.
Sifat pembagian	Menjelaskan perbedaan peran bilangan yang dibagi dan pembagi.	Menghubungkan pengurangan berulang secara eksplisit dengan ketidakberlakuan sifat komutatif.	Dari counter-example menuju alasan konseptual dan analogi.

Tema	Kelompok capaian lebih tinggi (n=29)	Kelompok capaian lebih rendah (n=8)	Makna pedagogis
Faktor & faktorisasi	Menambahkan hubungan pangkat pada faktorisasi prima dengan jumlah faktor.	Mengaitkan struktur faktorisasi prima dengan banyaknya kombinasi faktor memakai analogi konkret.	Dari prosedur pohon faktor menuju struktur dan penjelasan.
KPK sengkedan	Menjelaskan mengapa sengkedan sistematis dan efisien untuk beberapa bilangan.	Membandingkan secara eksplisit sengkedan dengan pohon faktor untuk tiga bilangan.	Dari jawaban KPK yang benar menuju rasional pemilihan metode.
Negatif x negatif	Menghubungkan pembuktian pola dengan model koin sebagai dua representasi yang saling menguatkan.	Menjelaskan model koin tahap demi tahap sampai makna negatif x negatif menjadi positif.	Dari pola simbolik menuju representasi konkret yang dapat diajarkan.

Sebagai ilustrasi, M02 termasuk kelompok yang memperoleh skor 79 dan membutuhkan penjelasan lebih rinci hampir di seluruh domain, termasuk tahap penukaran pada Blok Dienes dan model koin pada perkalian bilangan negatif. Sebaliknya, mahasiswa dengan skor 99-100 seperti M03 dan M05 telah menunjukkan ketepatan tinggi, tetapi tetap mendapat saran untuk memperdalam refleksi, rasional metode, dan hubungan antarmodel. Dengan demikian, bahkan pada capaian numerik tinggi, kebutuhan pengembangan tidak berhenti pada koreksi kesalahan, melainkan bergerak ke kualitas penjelasan pedagogis.

Pembahasan

Kesenjangan Antara Penguasaan Konsep Dan Kemampuan Mentransformasikan Konsep Untuk Mengajar

Temuan paling menonjol adalah selisih antara komposit pemahaman konseptual (94,75%) dan kemampuan pedagogis (85,41%). Selisih 9,34 poin persentase tidak berarti mahasiswa gagal secara pedagogis; rerata pedagogis tetap relatif tinggi. Namun, pola indikator menunjukkan bahwa bagian yang paling mudah dikuasai adalah ketepatan perhitungan, pembuktian, dan prosedur, sedangkan bagian yang relatif lebih sulit adalah menjelaskan mengapa metode dipilih, membangun analogi, dan menggunakan representasi konkret. Pola tersebut sejalan dengan kajian PCK matematika mutakhir yang memandang pengetahuan untuk mengajar sebagai kemampuan menghubungkan pengetahuan konten dengan representasi, pemikiran siswa, dan keputusan instruksional (Sakaria et al., 2023; Fukaya et al., 2024; Grigaliūnienė et al., 2025). Dengan demikian, mengetahui matematika untuk diri sendiri perlu dibedakan dari kemampuan mentransformasikan matematika menjadi penjelasan yang dapat dipahami siswa.

Konsistensi temuan ini dengan penelitian terdahulu memperkuat interpretasi tersebut. Jacinto dan Jakobsen (2020) menunjukkan bahwa calon guru sekolah dasar perlu membangun pengetahuan matematika yang secara langsung relevan dengan pekerjaan mengajar, sedangkan Fitriani et al. (2023) menemukan keterkaitan antara mathematical content knowledge dan mathematical knowledge for teaching. Meta-analisis terbaru juga menunjukkan bahwa PCK berasosiasi dengan variabel guru dan siswa serta dapat diperkuat melalui intervensi yang secara eksplisit menargetkan pengetahuan pedagogis-konten (Fukaya et al., 2024, 2025). Dengan demikian, hasil penelitian ini sebaiknya tidak dibaca hanya sebagai 'nilai mahasiswa tinggi', tetapi

sebagai indikasi bahwa dimensi pengetahuan untuk menjelaskan masih memerlukan penguatan yang lebih terarah.

Nilai Tempat: Dari Manipulasi Blok Dienes Menuju Makna Regrouping

Domain nilai tempat memperoleh rerata tertinggi (92,95%), dan indikator penggabungan satuan dengan Blok Dienes bahkan mencapai 100%. Kekuatan ini menunjukkan bahwa mahasiswa mampu mengikuti struktur representasi basis sepuluh. Namun, umpan balik penilaian tetap menuntut pertanyaan reflektif atau penjelasan lebih rinci mengenai penukaran 10 satuan menjadi 1 puluhan. Hal ini penting karena manipulatif konkret hanya efektif jika relasi antara objek dan struktur matematis dieksplisitkan. Literatur tentang pengetahuan matematika guru menekankan bahwa penguasaan matematika dasar untuk mengajar bukan hanya kemampuan menjalankan prosedur, tetapi kemampuan memahami struktur konsep dan membuat hubungan antarreprentasi menjadi eksplisit (Ma, 2020; Grigaliūnienė et al., 2025). Oleh sebab itu, kemampuan menggerakkan blok bukan tujuan akhir; calon guru perlu mampu mengubah tindakan konkret menjadi bahasa nilai tempat, ekuivalensi, dan alasan mengapa penulisan algoritmik dapat dilakukan.

Sifat Pembagian: Counter-Example Kuat, Tetapi Alasan Pedagogis Perlu Diperdalam

Pada domain sifat pembagian, indikator counter-example komutatif dan asosiatif mencapai 96,9%, sedangkan analogi pembagian sebagai pengurangan berulang hanya 83,3%. Ini menunjukkan perbedaan antara kemampuan membuktikan ketidakberlakuan sifat melalui contoh numerik dan kemampuan menjelaskan makna operasi melalui representasi yang dapat dipahami siswa. Penelitian tentang pengetahuan pedagogis calon guru menunjukkan bahwa kemampuan memecahkan masalah perlu disertai kemampuan memilih strategi, mengantisipasi respons siswa, dan menjelaskan alasan di balik strategi tersebut (Piñeiro et al., 2021). Kompetensi diagnosis juga menuntut calon guru membaca cara berpikir siswa dan menentukan respons instruksional yang sesuai, bukan hanya mengoreksi hasil akhirnya (Lee et al., 2021). Dalam konteks penelitian ini, penguatan yang dibutuhkan bukan sekadar lebih banyak latihan pembagian, melainkan latihan menjawab pertanyaan 'mengapa posisi bilangan tidak dapat ditukar?' dengan beberapa model yang konsisten.

Faktor, Faktorisasi Prima, Dan KPK: Prosedur Sangat Kuat, Rasional Metode Lebih Lemah

Pada faktor dan faktorisasi prima, indikator tabel pasangan faktor dan pohon faktor sama-sama mencapai 96,9%, sedangkan penjelasan logis kepada siswa hanya 83,3%. Pola serupa muncul pada KPK: perhitungan KPK mencapai 100% dan proses sengkedan 96,9%, tetapi penjelasan keunggulan metode sengkedan hanya 80,0%. Dua domain ini secara bersama-sama menunjukkan bahwa mahasiswa mampu memperoleh hasil dan menjalankan algoritma, tetapi belum selalu mengartikulasikan struktur yang membuat algoritma tersebut masuk akal atau lebih efisien untuk situasi tertentu. Pola semacam ini sejalan dengan temuan Fitzmaurice dan Hayes (2020) bahwa penguasaan prosedural calon guru dapat lebih kuat dibandingkan dimensi pemahaman konseptual. Dalam konteks calon guru sekolah dasar, Novikasari (2020) dan Jacinto dan Jakobsen (2020) juga menegaskan pentingnya menghubungkan pengetahuan matematika dengan kebutuhan nyata pekerjaan mengajar.

Bagi pendidikan calon guru, rasional metode merupakan bagian penting dari keputusan instruksional. Calon guru perlu dapat membandingkan dua strategi yang sama-sama benar,

misalnya pohon faktor dan sengkedan, lalu menjelaskan kapan salah satunya lebih transparan, efisien, atau mudah diikuti siswa. Kemampuan semacam ini berada pada wilayah pengetahuan matematika untuk mengajar karena keputusan tersebut tidak hanya bergantung pada hasil hitung, tetapi juga pada cara suatu representasi mendukung pemahaman siswa (Fitriani et al., 2023; Sakaria et al., 2023). Meta-analisis mutakhir juga menunjukkan bahwa intervensi yang secara khusus menargetkan PCK dapat meningkatkan kualitas pengetahuan profesional guru lebih kuat daripada penguatan pengetahuan konten semata (Fukaya et al., 2024).

Perkalian Bilangan Negatif: Representasi Konkret Sebagai Titik Penguatan Utama

Domain perkalian negatif x negatif memiliki capaian terendah (85,15%). Pembuktian dengan pola bilangan induktif mencapai 90,0%, sedangkan model koin/muatan hanya 80,3%. Perbedaan ini memperlihatkan bahwa representasi simbolik-pola relatif lebih mudah bagi mahasiswa daripada memodelkan operasi yang sama dalam bentuk konkret dan pedagogis. Penelitian Wessman-Enzinger et al. (2020) menunjukkan bahwa calon guru perlu memperhatikan konsistensi makna dan realisme ketika menggunakan konteks untuk bilangan bulat negatif. Pola yang sama terlihat pada topik desimal, ketika calon guru dapat menunjukkan kesalahan berbasis konsep maupun prosedur yang tidak selalu tampak dari jawaban akhir saja (Joung & Kim, 2022). Model koin menuntut mahasiswa mengendalikan sekaligus makna tanda negatif, tindakan mengambil/menambahkan, pasangan nol, dan hubungan hasil akhir; kompleksitas representasional inilah yang kemungkinan membuat skor pedagogis lebih rendah.

Implikasinya, pembelajaran calon guru perlu menyediakan tugas yang mengharuskan satu konsep dijelaskan melalui beberapa representasi: pola numerik, garis bilangan, model untung-rugi atau muatan, cerita kontekstual, dan simbol formal. Tujuannya bukan memilih satu model sebagai satu-satunya model benar, melainkan menilai batas, kekuatan, dan kemungkinan miskonsepsi dari masing-masing representasi. Penelitian menunjukkan bahwa latihan menggunakan representasi visual dapat meningkatkan kesiapan calon guru dalam memecahkan dan menjelaskan masalah matematika (van Garderen et al., 2021). Pada pembagian, penggunaan model untuk membangun makna operasi juga membantu calon guru mengaitkan prosedur dengan penalaran konseptual (Sahin et al., 2020; Ristiana et al., 2021).

Feedback Formatif Sebagai Sumber Diagnosis Perkembangan Calon Guru

Data kualitatif menunjukkan bahwa umpan balik pada mahasiswa berkinerja tinggi maupun lebih rendah tetap berorientasi pada pengembangan. Pada kelompok capaian lebih tinggi, umpan balik mengarahkan mahasiswa menuju refleksi, generalisasi, atau integrasi beberapa representasi; pada kelompok capaian lebih rendah, umpan balik menuntut langkah bimbingan yang lebih eksplisit. Kajian tentang formative feedback dalam pendidikan matematika menekankan bahwa umpan balik perlu bersifat diagnostik dan terhubung dengan langkah perbaikan yang dapat dilakukan peserta didik atau calon guru (Enu & Ngcobo, 2022). Pada pendidikan calon guru, refleksi terhadap pengalaman belajar dan proyeksi terhadap praktik mengajar juga membantu menghubungkan pengetahuan matematika dengan keputusan pedagogis yang akan diambil di kelas (Voutsina et al., 2022). Dengan demikian, dokumen asesmen bukan hanya alat pemberian nilai, tetapi juga sumber diagnosis mengenai jenis dukungan yang perlu diberikan pada tahap pendidikan guru berikutnya.

Pada konteks pendidikan matematika guru SD, strategi tindak lanjut dapat berupa microteaching berbasis miskonsepsi, tugas menjelaskan satu konsep dengan minimal dua

representasi, analisis video atau jawaban siswa, dan revisi penjelasan berdasarkan umpan balik. Fokusnya adalah memindahkan mahasiswa dari 'mengetahui cara' menuju 'mengetahui mengapa, bagaimana menjelaskan, dan bagaimana merespons pemikiran siswa'. Temuan penelitian pada mahasiswa PGSD menunjukkan bahwa profil pemahaman konsep perlu dipetakan secara spesifik agar program perkuliahan dapat mengarahkan penguatan pada aspek yang belum stabil (Hayati & Asmara, 2021; Turmuzi et al., 2021; Nurharyanto & Abdy, 2025; Arrahim, 2026). Kajian PCK numerasi calon guru sekolah dasar juga memperkuat kebutuhan menghubungkan ketepatan konsep dengan pemilihan representasi dan antisipasi kesulitan siswa (Amri et al., 2025).

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, data berasal dari satu dokumen asesmen pada satu kelompok belajar berjumlah 37 mahasiswa sehingga hasil tidak dimaksudkan untuk digeneralisasikan secara statistik ke seluruh mahasiswa PGSD. Kedua, pengelompokan indikator menjadi komposit konseptual dan pedagogis merupakan reklasifikasi analitis berbasis isi rubrik, bukan hasil validasi konstruk melalui analisis faktor. Ketiga, pola skor menunjukkan pengelompokan yang cukup diskret pada beberapa profil nilai, sehingga variasi antarindividu yang sesungguhnya mungkin lebih kaya daripada yang tertangkap oleh skor. Keempat, data kualitatif berasal dari umpan balik penilaian, bukan wawancara atau think-aloud mahasiswa; karena itu, penelitian ini tidak dapat menyimpulkan proses kognitif internal mahasiswa secara langsung. Penelitian lanjutan dapat menggabungkan asesmen tertulis, wawancara berbasis tugas, microteaching, dan analisis respons siswa untuk memperoleh profil PCK yang lebih komprehensif.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa 37 mahasiswa PGSD yang dianalisis memiliki capaian akademik yang tinggi pada dokumen asesmen pemahaman konsep dan kemampuan pedagogis matematika, dengan rerata total 91,14. Pada lima domain matematika dasar, empat domain pertama berada di atas 92% sedangkan perkalian bilangan negatif x negatif berada pada 85,15%. Reklasifikasi indikator menunjukkan pemahaman konseptual sebesar 94,75% dan kemampuan pedagogis sebesar 85,41%. Dengan demikian, kekuatan utama mahasiswa terletak pada ketepatan konsep, pembuktian, dan prosedur, sementara ruang pengembangan yang lebih besar terdapat pada transformasi pengetahuan menjadi analogi, representasi konkret, penjelasan kepada siswa, serta alasan pemilihan metode.

Kesulitan dominan muncul pada penjelasan keunggulan metode sengkedan, pemodelan negatif x negatif dengan koin/muatan, analogi pembagian sebagai pengurangan berulang, dan penjelasan logis hubungan faktorisasi. Temuan kualitatif memperkuat hasil kuantitatif: mahasiswa dengan skor tinggi tetap memerlukan pengayaan pada pertanyaan reflektif dan integrasi representasi, sedangkan mahasiswa dengan skor lebih rendah memerlukan scaffolding yang lebih eksplisit dan bertahap. Profil ini menegaskan bahwa kesiapan calon guru matematika SD sebaiknya dinilai bukan hanya dari jawaban yang benar, tetapi juga dari kualitas penjelasan pedagogis yang dapat membantu siswa membangun makna.

Saran

Program pendidikan guru disarankan memperkuat tugas berbasis pedagogical content knowledge melalui analisis miskonsepsi siswa, microteaching, penggunaan beberapa representasi untuk satu konsep, dan revisi penjelasan setelah memperoleh feedback. Asesmen berikutnya

sebaiknya menambahkan rubrik yang secara eksplisit memisahkan ketepatan matematis, kualitas representasi, antisipasi miskonsepsi, dan kualitas penjelasan. Penelitian lanjutan dapat menggunakan desain multi-situs, melibatkan sampel yang lebih besar, serta mengombinasikan dokumen asesmen dengan wawancara, observasi microteaching, dan produk pembelajaran untuk memvalidasi profil konseptual-pedagogis secara lebih kuat.

Daftar Rujukan

Amri, M. A., Aprilia, A. C., & Aruwiyantoko, A. (2025). Pedagogical Konten Knowledge dalam numerasi: Studi pada calon guru sekolah dasar. IJPSE Indonesian Journal of Primary Science Education, 5(2), 253-260. https://doi.org/10.33752/ijpse.v5i2.8922

Arrahim, A. (2026). Evaluasi pemahaman konsep matematika mahasiswa PGSD pada mata kuliah konsep matematika SD. Journal of Dynamics Elementary School, 2(2), 74-88. https://doi.org/10.58740/denis.v2i02.708

Copur-Gencturk, Y. (2021). Teachers' conceptual understanding of fraction operations: Results from a national sample of elementary school teachers. Educational Studies in Mathematics, 107, 525-545. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10033-4

Copur-Gencturk, Y., & Doleck, T. (2021). Strategic competence for multistep fraction word problems: An overlooked aspect of mathematical knowledge for teaching. Educational Studies in Mathematics, 107, 49-70. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10028-1

Enu, J., & Ngcobo, A. Z. (2022). Connecting knowledge and practice: Mathematics teacher educators' knowledge and use of formative feedback in Ghana. Journal of Education, 87, 71-92. https://doi.org/10.17159/2520-9868/i87a04

Fitzmaurice, O., & Hayes, J. (2020). Investigating the different dimensions of preservice mathematics teachers' understanding - The case of factorisation. Australian Journal of Teacher Education, 45(10). https://doi.org/10.14221/ajte.2020v45n10.5

Fitriani, A. D., Darhim, & Juandi, D. (2023). Effect of mathematical content knowledge on mathematical knowledge for teaching. Journal for Educators, Teachers and Trainers, 14(5), 299-308. https://doi.org/10.47750/jett.2023.14.05.029

Fukaya, T., Nakamura, D., Kitayama, Y., & Nakagoshi, T. (2024). A systematic review and meta-analysis of intervention studies on mathematics and science pedagogical content knowledge. Frontiers in Education, 9, 1435758. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1435758

Fukaya, T., Nakamura, D., Kitayama, Y., & Nakagoshi, T. (2025). A systematic review and meta-analysis of research on mathematics and science pedagogical content knowledge: Exploring its associations with teacher and student variables. Teaching and Teacher Education, 155, 104881. https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104881

Grigaliūnienė, M., Lehtinen, E., Verschaffel, L., & Depaepe, F. (2025). Systematic review of research on pedagogical content knowledge in mathematics: Insights from a topic-specific approach. ZDM - Mathematics Education, 57, 777-794. https://doi.org/10.1007/s11858-025-01684-1

Hayati, R., & Asmara, D. N. (2021). Analisis pemahaman konsep matematis mahasiswa PGSD pada mata kuliah konsep dasar matematika. Jurnal Basicedu, 5(5), 3027-3033. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.976

Jacinto, E. L., & Jakobsen, A. (2020). Mathematical knowledge for teaching: How do primary pre-service teachers in Malawi understand it? African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 24(1), 31-40. https://doi.org/10.1080/18117295.2020.1735673

Joung, E., & Kim, Y. R. (2022). Identifying preservice teachers' concept-based and procedure-based error patterns in multiplying and dividing decimals. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 10(3), 549-567. https://doi.org/10.46328/ijemst.2227

Lee, J.-E., Pak, B., & Lim, W. (2021). Building preservice teachers' diagnostic competence: An exploratory study in the domain of fractions. Mathematics, 9(16), 1870. https://doi.org/10.3390/math9161870

Ma, L. (2020). Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States (3rd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003009443. ISBN 9780367443948.

Novikasari, I. (2020). Pre-service teacher's mathematical knowledge for teaching in problem-based learning. JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education), 5(2), 160-174. https://doi.org/10.23917/jramathedu.v5i2.10556

Nurharyanto, D. W., & Abdy, I. (2025). Analisis pemahaman matematika dasar mahasiswa PGSD. MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology, 10(1), 69-79. https://doi.org/10.30651/must.v10i1.27106

Piñeiro, J. L., Chapman, O., Castro-Rodríguez, E., & Castro, E. (2021). Prospective elementary teachers' pedagogical knowledge for mathematical problem solving. Mathematics, 9(15), 1811. https://doi.org/10.3390/math9151811

Ristiana, M. G., Juandi, D., & Sulistiawati. (2021). Prospective teachers understanding fraction division using rectangle representation. Infinity Journal, 10(2), 161-174. https://doi.org/10.22460/infinity.v10i2.p161-174

Sahin, N., Gault, R., Tapp, L., & Dixon, J. K. (2020). Pre-service teachers making sense of fraction division with remainders. International Electronic Journal of Mathematics Education, 15(1), em0552. https://doi.org/10.29333/iejme/5934

Sakaria, D., Maat, S. M., & Matore, M. E. E. M. (2023). Factors influencing mathematics teachers' pedagogical content knowledge: A systematic review. Pegem Journal of Education and Instruction, 13(2), 1-14. https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.01

Siregar, N., Siregar, N., & Hasanah, H. (2020). Analisis kemampuan pemahaman konsep matematis mahasiswa program studi PGSD. Logaritma: Jurnal Ilmu-ilmu Pendidikan dan Sains, 8(2), 199-212. https://doi.org/10.24952/logaritma.v8i02.2773

Tossavainen, A. (2025). Pedagogical content knowledge in prospective elementary teachers' descriptions of teaching and learning of fractions. Scandinavian Journal of Educational Research, 69(5), 958-972. https://doi.org/10.1080/00313831.2024.2362928

Turmuzi, M., Kurniati, N., & Azmi, S. (2021). Pemahaman konsep matematis mahasiswa calon guru sekolah dasar ditinjau dari gender dan gaya belajar. EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika, 9(1), 25-37. https://doi.org/10.20527/edumat.v9i1.10371

van Garderen, D., Scheuermann, A., Sadler, K., Hopkins, S., & Hirt, S. M. (2021). Preparing pre-service teachers to use visual representations as strategy to solve mathematics problems: What did they learn? Teacher Education and Special Education, 44(4), 319-339. https://doi.org/10.1177/0888406421996070

Voutsina, C., Alderton, J., Wilson, K., Ineson, G., Donaldson, G., & Rowland, T. (2022). Preservice teachers' expressed awarenesses: Emerging threads of retro-spection of learning and pro-spection of teaching. Journal of Mathematics Teacher Education, 25, 191-215. https://doi.org/10.1007/s10857-020-09484-y

Wessman-Enzinger, N. M., Tobias, J., & Olanoff, D. (2020). Prospective teachers' attention to realism and consistency with negative integers, addition, and temperature. Investigations in Mathematics Learning, 12(3), 226-241. https://doi.org/10.1080/19477503.2020.1784372