

Kesenjangan Konseptual dan Prosedural Perpangkatan dan Akar: Studi Kasus Siswa Kelas VI JTA Imam An-Nawawi

Sukainah Ibnata Imran¹, Raudhatul Jannah², Imelsa Rahmadani³, Muhammad Fendrik⁴, Cici Oktaviani⁵

Universitas Riau, Indonesia^{1,2,3,4,5}

Email: sukainah.ibnata3514@student.unri.ac.id,

raudathul.jannah4960@student.unri.ac.id,

imelsa.rahmadani0286@student.unri.ac.id,

muhammad.fendrik@lecturer.unri.ac.id, cici.oktaviani@lecturer.unri.ac.id

Abstrak: Penelitian *mixed methods* sekuensial eksplanatori ini mengkaji kesenjangan konseptual dan prosedural siswa kelas VI (JTA Imam An-Nawawi) pada materi perpangkatan dan penarikan akar. Desain ini menggabungkan data kuantitatif dan kualitatif. Tes formatif dan angket persepsi yang diberikan kepada siswa digunakan untuk mengidentifikasi pola kesalahan dan tingkat penguasaan. Temuan kuantitatif tersebut kemudian dieksplorasi melalui wawancara dengan guru untuk menggali faktor pengaruh. Hasil menunjukkan rata-rata penguasaan perpangkatan jauh lebih rendah (54,54%) dibandingkan penarikan akar (67,27%). Analisis lebih lanjut mengungkap dominasi pemahaman instrumental dan kecenderungan *overconfidence* siswa sebagai akar masalah kesenjangan tersebut. Temuan ini mendukung perlunya intervensi yang menautkan prosedur dengan makna melalui pendekatan konkret–representasional–abstrak, *retrieval practice*, *worked examples* dengan *self-explanation*, dan penilaian berbasis justifikasi.

Abstract: This explanatory sequential mixed methods study investigates the conceptual and procedural gaps among sixth-grade students (JTA Imam An-Nawawi) regarding exponentiation and root extraction. This design integrates quantitative and qualitative data. Formative tests and perception questionnaires administered to students were used to identify error patterns and mastery levels. These quantitative findings were then explored through interviews with teachers to investigate influencing factors. The results indicate that the average mastery of exponentiation was significantly lower (54.54%) compared to root extraction (67.27%). Further analysis revealed the dominance of instrumental understanding and a tendency toward student overconfidence as the root cause of this gap. These findings support the necessity of interventions that link procedures to meaning through a concrete–representational–abstract approach, retrieval practice, worked examples with self-explanation, and justification-based assessment.

Tersedia online di

<https://ojs.unublitar.ac.id/index.php/jtpdm>

Sejarah artikel

Diterima pada: 10 November 2025

Disetujui pada: 2 Desember 2025

Dipublikasikan pada: 18 Desember 2025

Kata kunci: Akar; Kesenjangan Konsep–Prosedur; *Mixed Methods*; Pemahaman Instrumental; Perpangkatan

PENDAHULUAN

Matematika merupakan disiplin ilmu yang menuntut kemampuan berpikir logis, analitis, dan sistematis untuk memecahkan permasalahan yang bersifat abstrak. Pada jenjang sekolah dasar, konsep bilangan berpangkat dan penarikan akar menjadi bagian penting dalam membangun dasar berpikir aljabar dan memahami keteraturan pola bilangan. Namun, pada praktiknya, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara konsep dan prosedur dalam operasi tersebut. Sebagian siswa hanya mampu menghafal langkah-langkah penyelesaian tanpa memahami alasan di baliknya, sedangkan sebagian lainnya tidak dapat menerapkan prosedur yang telah dipelajari ketika bentuk soal diubah. Fenomena ini menggambarkan adanya

kesenjangan konseptual dan prosedural yang sering kali muncul dalam pembelajaran matematika (Magfirotin & Amir, 2024).

Kesenjangan tersebut tidak hanya menunjukkan lemahnya kemampuan siswa dalam mengaitkan makna matematis, tetapi juga menandakan bahwa proses pembelajaran masih berpusat pada penguasaan langkah prosedural tanpa memberi ruang bagi pengembangan pemahaman mendalam. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahma dan Alifiani (2024) yang menemukan bahwa sebagian besar siswa sekolah dasar menyelesaikan ekspresi aljabar dengan cara menghafal prosedur tanpa mampu menjelaskan alasan logis di baliknya. Situasi serupa dijelaskan oleh Şenay (2024), bahwa siswa cenderung melakukan *reducing abstraction*, yakni menurunkan tingkat abstraksi menjadi aturan mekanistik, sehingga sering terjadi generalisasi keliru dalam operasi perpangkatan dan penarikan akar.

Selain persoalan konseptual, faktor beban kognitif (*cognitive load*) turut berperan penting dalam memengaruhi kemampuan siswa. Ketika fakta dasar seperti perkalian belum otomatis, sebagian besar kapasitas working memory digunakan untuk menghitung, bukan untuk menalar. Akibatnya, siswa tampak mampu mengerjakan latihan rutin tetapi gagal pada soal yang menuntut pemilihan strategi atau transfer pengetahuan ke konteks baru. Studi Wu et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan beban kognitif dapat menurunkan performa matematis ketika desain pembelajaran tidak memperhatikan alokasi sumber daya mental siswa. Dalam konteks pembelajaran matematika dasar, penerapan strategi retrieval practice terbukti efektif membantu otomatisasi fakta aritmetika dan menurunkan beban kognitif selama penyelesaian soal kompleks (Ophuis-Cox, Catrysse & Camp, 2023).

Di sisi lain, aspek instruksional memiliki peran penting dalam membangun keterpaduan antara pemahaman konseptual dan prosedural siswa. Bukti dari kajian sistematis menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang memanfaatkan berbagai representasi secara terstruktur dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan interpretasi representasi pada peserta didik, karena strategi ini mendorong siswa untuk mengaitkan konsep melalui representasi verbal, visual, dan simbolik sehingga memperkaya makna di balik prosedur penyelesaian (Zuhri, Wilujeng & Haryanto, 2023). Hasil studi kuasi eksperimen dan penelitian campuran juga menemukan bahwa intervensi berbasis *multiple representations* meningkatkan performa dan keterampilan pemecahan masalah matematis pada tingkat dasar dan menengah, terutama bila guru membimbing bagaimana berpindah antar representasi dan merefleksikan hubungan antarkonsep (Mahama & Kyeremeh, 2023). Dengan demikian, pembelajaran yang menekankan keberagaman representasi dan pelibatan aktivitas reflektif merupakan strategi penting untuk memperkecil kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural (Orillo & Mistades, 2024).

Selain aspek kognitif dan instruksional, dimensi afektif dan metakognitif juga berpengaruh terhadap kesenjangan pemahaman siswa. Sebagian siswa merasa telah memahami materi padahal capaian objektifnya rendah, suatu kondisi yang dikenal sebagai *overconfidence*. Ketidaksesuaian ini, sebagaimana ditemukan oleh Sheldrake Mujtaba, dan Reiss (2022), menghambat regulasi diri dalam belajar karena siswa cenderung tidak menyadari kesalahannya. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan penilaian berbasis justifikasi yang menilai alasan konseptual di balik jawaban siswa, bukan hanya hasil akhirnya. Pendekatan semacam ini terbukti meningkatkan akurasi monitoring metakognitif dan menumbuhkan kesadaran reflektif yang konstruktif dalam belajar matematika (Janssen & Lazonder, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama dalam pembelajaran materi perpangkatan dan akar bukan hanya terletak pada kompleksitas konten, tetapi juga pada lemahnya keterpaduan antara strategi pengajaran, beban kognitif, dan regulasi metakognitif siswa. Untuk menjawab hal ini, penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* (sekuensial eksplanatori) yang menggabungkan analisis kuantitatif hasil tes dan angket dengan analisis kualitatif wawancara guru. Desain ini

memungkinkan peneliti memahami secara utuh bagaimana kesenjangan konseptual dan prosedural terbentuk serta faktor instruksional yang menyertainya.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan tingkat penguasaan siswa terhadap konsep dan prosedur pada materi perpangkatan dan akar, (2) mengidentifikasi bentuk kesalahan konseptual dan prosedural yang muncul, (3) menjelaskan faktor instruksional dan kognitif yang memengaruhi hasil belajar, serta (4) merumuskan rekomendasi pedagogis berbasis bukti untuk memperkuat keseimbangan antara pemahaman konseptual dan prosedural. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis bagi pengembangan pembelajaran matematika berbasis *Cognitive Load Theory* dan pendekatan multi-representasi di tingkat sekolah dasar, sekaligus menjadi masukan praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran yang lebih bermakna, adaptif, dan berorientasi pada pemahaman jangka panjang.

METODE

Studi ini mengimplementasikan pendekatan mixed methods dengan desain sekuensial eksplanatori, yang menekankan pada penggunaan data kualitatif untuk memperjelas temuan yang berasal dari data kuantitatif. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas VI di JTA Imam An-Nawawi yang menjadi sumber data kuantitatif utama, sementara guru pengampu mata pelajaran merupakan sumber data kualitatif yang esensial. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi tiga instrumen utama: (1) Tes hasil belajar yang dikembangkan berdasarkan indikator kemampuan konseptual dan prosedural materi perpangkatan dan akar, (2) Angket persepsi siswa berskala Likert untuk mengidentifikasi kecenderungan metakognitif, dan (3) Wawancara mendalam dengan guru. Instrumen kuantitatif telah melalui validasi pakar dan uji reliabilitas statistik sebelum digunakan di lapangan.

Teknik analisis data dilakukan secara bertahap sesuai dengan desain penelitian. Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif dan inferensial untuk memetakan tingkat penguasaan dan pola kesalahan yang spesifik. Hasil analisis kuantitatif ini kemudian menjadi basis penentuan fokus untuk fase kualitatif, di mana data dari wawancara guru ditranskripsikan dan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik. Proses integrasi kedua jenis data ini dilakukan pada tahap interpretasi, membandingkan temuan statistik dengan perspektif guru untuk mencapai pemahaman komprehensif mengenai faktor instruksional dan kognitif yang melatarbelakangi kesenjangan konseptual–prosedural siswa. Validitas temuan penelitian dikonfirmasi melalui triangulasi instrumen guna memastikan konsistensi dan kredibilitas data yang diperoleh dari berbagai sumber.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian ini bersumberkan dari tiga jenis sumber utama, yakni hasil tes formatif siswa, angket siswa, serta wawancara guru. Untuk hasil data dapat dilihat di bawah ini!

Tabel 1. Persentase Hasil Tes Siswa

Sub-Materi	Persentase Pemahaman	Kategori	Poin Kritis
Perpangkatan (Soal 1-5)	54,544%	Kurang/Rendah	Pemahaman paling lemah. Soal No. 3 paling sulit.
Penarikan Akar (Soal 6-10)	67,274%	Baik/Sedang	Pemahaman yang lebih baik.

Tabel 2. Persentase Hasil Tes Materi Perpangkatan

No. Soal	Jawaban Benar (Nilai 10)	Persentase Benar
1	5 siswa	45,45%
2	7 siswa	63,64%
3	4 siswa	36,36%

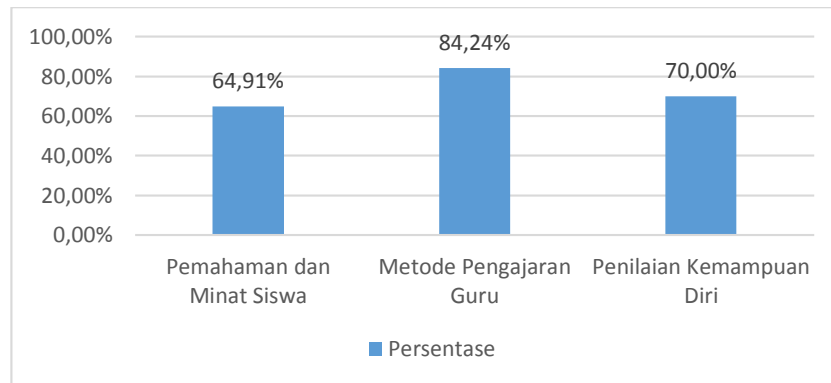
4	5 siswa	45,45%
5	9 siswa	81,82%
Rata-Rata Materi Pangkat		54,544%

Tabel 3. Persentase Hasil Tes Materi Penarikan Akar

No. Soal	Jawaban Benar (Nilai 10)	Persentase Benar
6	10 siswa	90,91%
7	4 siswa	36,36%
8	8 siswa	72,73%
9	7 siswa	63,64%
10	8 siswa	72,73%
Rata-Rata Materi Pangkat		67,274%

Tabel 4. Persentase Hasil Angket Siswa

Variabel	Skor Maks	Rata-rata Peroleh	Persentase	Kategori
Pemahaman dan Minat Siswa	50	32,45		Cukup
Cara Guru Mengajar	30	25,27	84,24%	Sangat Baik
Penilaian Diri Siswa	20	14	70,00%	Baik



Gambar 1. Diagram Persentase Hasil Angket Siswa

Tabel 5. Wawancara Guru

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah guru menggunakan media konkret dalam pembelajaran?	Tidak
2.	Apakah metode sederhana yang digunakan guru dalam pemecahan soal?	Menggunakan "pagar" pembagian porsi bilangan saat menarik akar
3.	Apakah metode yang digunakan guru dalam pembelajaran?	Metode ceramah
4.	Apakah permasalahan yang dihadapi siswa dalam pembelajaran materi perpangkatan dan penarikan akar?	Siswa selalu salah pada materi akar kuadrat dan operasi campuran dalam materi terkait
5.	Apakah solusi atas siswa yang kesulitan dalam memahami materi?	Mengulang materi tersebut hingga siswa dapat memahami
6.	Bagaimana hasil tugas harian siswa mengenai materi perpangkatan dan penarikan akar?	Nilai tugas harian cenderung tinggi
7.	Apakah saran guru agar siswa dapat memahami dengan cepat materi perpangkatan dan penarikan akar?	Siswa harus jago perkalian dan mengajar dengan didampingi media konkret

Pembahasan

Diskusi Temuan Kuantitatif

Pada data kuantitatif terdapat dua sumber bukti yang diambil dari siswa, yaitu hasil tes formatif dan angket persepsi siswa. Analisis hasil tes yang melibatkan 11 siswa kelas VI menunjukkan variasi penguasaan yang cukup lebar antara dua submateri, yakni perpangkatan (54,544%) dan penarikan akar (67,274%). Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar siswa telah memahami operasi penarikan akar, penguasaan konsep perpangkatan masih tergolong rendah. Nilai rata-rata keseluruhan berkisar sekitaran 60 menandakan sebagian besar siswa belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Secara lebih spesifik, butir #3 dan #7 menjadi yang paling sulit (36,36% benar). Perbandingan rata-rata antar submateri menunjukkan perpangkatan lebih rendah (54,544%) dibanding penarikan akar (67,274%), menegaskan adanya kesenjangan konseptual yang signifikan. Kedua butir ini menuntut penalaran konseptual dan penerapan sifat-sifat bilangan berpangkat dalam konteks operasi campuran, yang terbukti menjadi titik lemah utama siswa. Sebaliknya, butir #6 memiliki tingkat keberhasilan tertinggi (90,91%), karena hanya menuntut penerapan algoritme langsung tanpa *reasoning* mendalam. Ketimpangan ini memperlihatkan adanya perbedaan tingkat pemahaman yang tajam di dalam kelas, di mana sebagian kecil siswa menguasai langkah prosedural dengan baik, sedangkan sebagian besar lainnya masih kesulitan saat dihadapkan pada soal yang memerlukan penalaran atau justifikasi konsep.

Kesulitan utama yang teridentifikasi, yang diperkuat oleh literatur terkait (misalnya, analisis kesalahan dalam penyelesaian soal perpangkatan dan bentuk akar), adalah kegagalan siswa pada soal-soal yang menuntut penalaran dan aplikasi sifat. Hal ini menunjukkan bahwa siswa sering melakukan kesalahan prosedural (misalnya, salah dalam menghitung atau menerapkan langkah) dan kesalahan konsep (misalnya, salah menafsirkan arti bilangan berpangkat atau bentuk akar). Kemampuan siswa tampak didominasi pemahaman instrumental, yakni berpegang pada aturan/prosedur tanpa penalaran mendalam yang kritis sehingga memang cepat tetapi kaku dan bergantung konteks; akibatnya, ketika konteks atau representasi berubah, kinerja mudah runtuh dan transfer pengetahuan melemah (Herheim, 2023).

Kontras yang mencolok terlihat pada data angket, di mana rata-rata pemahaman dan minat siswa terhadap pembelajaran hanya mencapai 64,91% (kategori cukup). Nilai ini menunjukkan bahwa siswa memiliki minat dan pemahaman yang sedang terhadap materi, belum menunjukkan keterlibatan penuh maupun penguasaan konsep yang kuat. Di sisi lain, penilaian diri siswa terhadap kemampuannya mencapai 70% (kategori baik), yang berarti sebagian siswa merasa cukup yakin terhadap kemampuan mereka, meskipun hasil tes masih di bawah KKM. Ketimpangan antara skor pemahaman serta minat yang cukup, penilaian diri yang baik, dan capaian akademik yang rendah menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara ranah afektif, metakognitif, dan kognitif siswa. Fenomena ini konsisten dengan temuan Jagadianti & Wijayanti (2024) bahwa tingkat *self-efficacy* yang tidak seimbang dengan kemampuan argumentatif matematis dapat memunculkan bias kepercayaan diri berlebihan. Dengan demikian, skor 64,91% mencerminkan persepsi minat dan pemahaman yang moderat, sedangkan skor 70% menggambarkan kepercayaan diri yang belum sejalan dengan kemampuan konseptual aktual, hanyalah refleksi dari motivasi dan keyakinan diri (ranah afektif) siswa, namun keyakinan tersebut tidak didukung oleh keterampilan kognitif tingkat tinggi, yaitu kemampuan untuk memberikan justifikasi, alasan, dan bukti logis yang diperlukan untuk soal-soal penalaran dalam tes.

Hal ini juga disampaikan oleh studi psikologi Jerman oleh Sheldrake, Mujtaba, dan J. Reiss (2022) bahwa fenomena "merasa bisa" saat mengerjakan soal rutin tetapi mengalami keruntuhan performa pada tugas yang menuntut penjelasan konseptual atau transfer pengetahuan merupakan manifestasi dari bias kalibrasi menuju *overconfidence*. *Overconfidence* terjadi ketika estimasi subjek terhadap kemampuannya (persepsi tinggi pada Angket) secara sistematis melebihi capaian objektifnya (skor rendah pada tes penalaran). Secara ilmiah, bias ini menunjukkan adanya kegagalan dalam pemantauan

metakognitif siswa. Bukti longitudinal menunjukkan bahwa bias kalibrasi yang tidak akurat memiliki korelasi negatif signifikan dengan capaian matematika; artinya, semakin tidak akurat keyakinan siswa dalam menilai pengetahuannya, semakin rentan kinerjanya pada tugas kognitif yang menantang. *Overconfidence* ini menjadi krusial karena menghambat proses regulasi diri (*self-regulation*), di mana siswa yang yakin telah menguasai materi tidak termotivasi untuk melakukan revisi atau investasi upaya lebih untuk memperbaiki kelemahan konseptual mereka.

Diskusi Temuan Kualitatif

Wawancara dengan guru menunjukkan bahwa pembelajaran berjalan sesuai kurikulum, namun metodenya didominasi ceramah dan tanpa pemakaian media/manipulatif. Strategi pemecahan soal yang dipraktikkan cenderung prosedural, yakni “pagar” atau pembagian porsi bilangan saat menarik akar (memecah radikand ke faktor pangkat sempurna). Di sisi hasil belajar, guru mencatat nilai tugas harian cenderung tinggi, tetapi ketika berpindah ke tes yang memuat operasi campuran, jumlah kesalahan meningkat. Sumber kesulitan utama ada pada kelancaran perkalian yang belum otomatis, kekeliruan di akar pangkat dua, serta operasi campuran seperti menjumlah/mengurangi akar pangkat dua (\sqrt{x}) dan akar pangkat tiga ($\sqrt[3]{x}$), atau menggabungkan bilangan berpangkat dua (x^2) dan tiga (x^3). Sebagai respons, guru selama ini mengulang bagian yang sering salah, dan menyarankan menghafal perkalian, memakai games, serta media konkret agar pemahaman lebih cepat terbentuk.

Integrasi Temuan

Integrasi data dalam penelitian ini mengikuti model Sekuensial Eksplanatori, di mana temuan kualitatif digunakan untuk memberikan penjelasan kontekstual mengapa fenomena statistik (disparitas dan kegagalan tes) terjadi. Integrasi berpusat pada hubungan kausal antara metode pengajaran guru dan jenis pemahaman (instrumental) yang dibentuk pada diri siswa, yang pada akhirnya memicu *overconfidence* yang tidak akurat.

Guru berhasil memberikan prosedur, tetapi belum cukup menaulkannya dengan model, representasi, atau alasan yang memperjelas kapan sebuah aturan berlaku dan mengapa (misalnya, alasan matematis di balik penjumlahan/pengurangan akar). Hal ini menyebabkan kinerja siswa yang teruji pada Tes (Nilai Rata-rata 60, butir #3 & #7 akurasi 36.36%) mudah runtuh ketika konteks atau operasi diubah menjadi campuran, karena transfer pengetahuan melemah. Hal ini sejalan dengan studi Mariani, Hutapea, dan Maimunah (2023) pada materi eksponen, proporsi kesalahan prosedural/teknis sangat tinggi (dibedakan dari kesalahan konsep). Contoh umum: salah menerapkan aturan pangkat, salah memindah operasi, dan overgeneralisasi aturan ke konteks yang berbeda. Hasilnya: siswa lancar pada hitungan rutin, tetapi gagal saat bentuk soal berubah atau menuntut penalaran.

Di dimensi afektif, metode guru yang fokus pada prosedur ini secara tidak sengaja memperkuat bias kalibrasi siswa. Nilai tugas harian yang cenderung tinggi (dicatat guru) dan perasaan “merasa bisa” (Angket 70.00%) tercipta karena siswa berhasil mengeksekusi langkah-langkah linier. Keyakinan ini tidak akurat karena tidak divalidasi dengan tugas penalaran tinggi, memicu *overconfidence* yang menghambat proses regulasi diri (*self-regulation*) untuk berinvestasi lebih dalam perbaikan konseptual (Jagadianti & Wijayanti, 2024; Sheldrake et al., 2022).

Pola kesalahan spesifik yang dicatat guru, terutama kekeliruan pada operasi campuran dan kelancaran fakta perkalian yang belum otomatis, memberikan penjelasan kognitif atas kegagalan di Tes. Miskonsepsi Khas dan *Reducing Abstraction*, pola kesalahan pada penjumlahan/pengurangan akar berbeda derajat dan operasi bilangan berpangkat sejalan dengan studi terkini tentang miskonsepsi radikal–eksponen seperti pada studi kasus Moru & Mathunya (2022) dan Şenay (2024). Pada kasus Şenay, siswa cenderung bekerja pada level abstraksi yang lebih rendah daripada yang dituntut konsep. Akibatnya, mereka meng-overgeneralisasi aturan, serta gagal membedakan syarat keberlakuan aturan. Peneliti menekankan bahwa proses *reducing abstraction* ini

sering terjadi tak disadari, lalu memunculkan miskonsepsi sistematis pada operasi eksponen. Pada studi yang dilakukan oleh Moru dan Mathunya, masalah yang dominan adalah penerapan aturan secara buta konteks yakni aturan yang benar pada satu situasi dipakai pada situasi lain tanpa memeriksa prasyarat, memicu kesalahan transformasi (contoh salah menggabung suku tak sejenis, salah memindahkan operasi, atau salah memfaktorkan). Studi ini menunjukkan bahwa pengetahuan prosedural yang tidak ditautkan dengan makna membuat siswa tampak lancar pada soal rutin, tetapi runtuh saat konteks berubah atau saat diminta penalaran/transfer. Berdasarkan fenomena dua studi tersebut dapat disimpulkan bahwa siswa kerap menurunkan tingkat abstraksi secara tak sadar (*reducing abstraction*), misalnya memperlakukan $\sqrt[2]{4} + \sqrt[2]{25} = \sqrt[2]{29}$ atau menyebarkan aturan pangkat ke dalam akar secara tidak sah. Korelasi antara pola kesalahan ini dan butir tersulit (#3, #7) memperkuat bahwa butir-butir tersebut menguji pemilihan strategi dan memonitor langkah di tengah operasi campuran.

Pengurusan *Working Memory*, yaitu keterampilan fakta perkalian yang masih belum otomatis pada siswa (dicatat guru) memperparah beban kognitif (*Cognitive Load*) pada operasi radikal/eksponen. Riset menunjukkan bahwa fluensi fakta melepaskan sumber daya kerja mental untuk penalaran tingkat lanjut. Dalam situasi tes (dimensi afektif–kognitif), kecemasan dan kurangnya fluensi ini menguras *working memory* (memori kerja), yaitu kapasitas atensi yang dibutuhkan untuk memilih strategi dan memonitor langkah, sehingga siswa yang sebelumnya "tahu" gagal mengeksekusi pada butir campuran. Hal ini menjelaskan mengapa performa merosot di tes walau prakonsepsi dasar tampak hadir saat latihan rutin. Hal ini dapat dilihat dari studi Finell et al. (2022) bahwa Meta-analisis menunjukkan bahwa kecemasan matematika menurunkan kinerja karena menguras *working memory* (WM) yang dibutuhkan untuk memilih strategi dan memonitor langkah. Dalam konteks soal campuran (radikal/eksponen), WM yang tergerus membuat siswa yang "tahu saat latihan" menjadi *blank* ketika harus menentukan operasi yang tepat dan menjaga urutan prosedur. Begitu juga pada studi Ophuis-Cox et al. (2023) bahwa eksperimen kelas autentik menunjukkan *retrieval practice* (contoh kartu ingat/*flashcards* terstruktur) lebih efektif daripada ulang-baca/*chanting* dalam meningkatkan kelancaran (fluensi) fakta perkalian. Ketika fakta dasar otomatis, perhitungan pendukung pada operasi akar/pangkat tidak lagi menyita WM, sehingga ruang kognitif tersedia untuk penalaran tingkat lanjut, termasuk memilih strategi pada soal campuran.

Implikasi Teoritis dan Rekomendasi Pedagogis

Temuan ini memperkaya literatur *Mixed Methods* (Sekuensial Eksplanatori) dengan mengkonfirmasi bahwa bias kalibrasi siswa (yaitu *overconfidence*) dalam konteks matematika abstrak merupakan produk sampingan dari desain instruksional yang berorientasi prosedural. Secara teoritis: 1) Validasi CLT dan Fluensi, 2) Penguatan Relasi Konseptual–Prosedural.

Penelitian ini memperkuat kerangka *Cognitive Load Theory* (CLT) dan peran fluensi fakta dalam konteks aljabar awal. Ditemukan bahwa kurangnya kelancaran perkalian memperparah beban ekstrinsik dan intrinsik, menguras *working memory* siswa, yang secara langsung menjelaskan kegagalan di butir soal campuran yang menuntut strategi ganda. CLT menyatakan belajar efektif terjadi saat beban kognitif (intrinsik, ekstrinsik, *germane*) selaras dengan kapasitas memori kerja; desain instruksi perlu menurunkan beban ekstrinsik agar sumber daya atensi cukup untuk pemrosesan inti. Tinjauan/edisi khusus terbaru menegaskan validitas CLT dan praktiknya dalam desain pembelajaran modern (Ouwehand et al., 2025). Sedangkan teori fluensi adalah ketika fakta aritmetika tersimpan secara otomatis (akses cepat dari memori jangka panjang), sebagian langkah komputasi tidak lagi menuntut memori kerja, sehingga perhatian bisa dialihkan ke penalaran tingkat lanjut (kesalahan memilih strategi di soal campuran radikal/eksponen). Bukti kelas menunjukkan *retrieval practice* meningkatkan kelancaran perkalian secara nyata dibanding pengulangan biasa (Ophuis-Cox et al., 2023).

Hasil ini menegaskan pandangan (Rittle-Johnson, Siegler, dan Alibali (2001) bahwa interaksi antara pengetahuan konseptual dan prosedural bersifat dua arah. Latihan prosedural (yang dominan dalam kelas) hanya akan memperkuat konsep jika diimbangi dengan refleksi konseptual yang sistematis, sebuah prasyarat yang terbukti belum terpenuhi.

Rekomendasi pedagogis perlu diturunkan secara deduktif dari hasil integrasi temuan, berfokus pada perancangan ulang instruksi untuk menanggulangi pemahaman instrumental, mengurangi beban kognitif, dan mengkalibrasi ulang monitor metakognitif siswa. Untuk mengatasi pemahaman instrumental yang muncul dari dominasi ceramah, guru harus memulai intervensi dengan menerapkan Pendekatan *Concrete-Representational-Abstract* (CRA). Pendekatan ini, yang didukung oleh studi Chatain et al., 2025; dan Yildirim & Yikmis, 2022 mengharuskan guru memvisualisasikan konsep eksponen melalui model area (Konkret) sebelum mengajarkan aturan simbolik (Abstrak), yang secara langsung membantu menautkan prosedur dengan makna dan mengurangi *reducing abstraction* yang menyebabkan miskonsepsi.

Selanjutnya, untuk mengatasi kesulitan pada soal campuran (butir #3 dan #7) dan mengurangi beban kognitif selama penyelesaian masalah, guru harus mengintegrasikan *Self-Explanation* dan *Worked Examples (Fading)*. Berdasarkan studi McGinn et al. (2024) dan Gao et al. (2025), siswa dapat mempelajari contoh soal yang dikerjakan penuh (*worked examples*) yang dikombinasikan dengan permintaan *self-explanation* untuk menjustifikasi alasan konseptual mereka, di mana fading langkah solusi secara bertahap memfasilitasi transisi menuju kemandirian tanpa membebani memori kerja.

Untuk mengatasi *miskonsepsi* dan *overconfidence* yang didorong oleh kurangnya latihan strategis, latihan siswa harus ditata ulang dengan mengimplementasikan dua strategi kognitif. Pertama, mengatasi masalah fakta perkalian yang belum otomatis yang menguras working memory memerlukan Penerapan *Retrieval Practice* berdasar rendah melalui *flashcards* terstruktur atau kuis singkat di awal pelajaran. Praktik ini, sebagaimana divalidasi oleh Ophuis-Cox et al. (2023), akan mengotomatisasi fakta dasar dan membebaskan kapasitas kognitif untuk penalaran tingkat lanjut. Kedua, latihan harus diubah dari format blok yang homogen menjadi Strategi *Interleaved Practice*. Mencampur butir soal yang menuntut strategi berbeda (seperti akar kuadrat, akar kubik, dan perpangkatan) memaksa siswa untuk memilih strategi yang tepat, yang secara langsung menargetkan kegagalan pemilihan strategi yang teramati pada butir sulit tes (Rohrer et al., 2020).

Terakhir, untuk Meningkatkan Akurasi Penilaian Diri (*Metacognitive Monitoring*), guru harus menerapkan Penilaian Berbasis Justifikasi. Pendekatan ini menyeimbangkan penilaian bukan hanya pada hasil akhir prosedural, tetapi juga pada alasan matematis di balik langkah-langkah siswa. Penilaian berbasis justifikasi (menggunakan rubrik penalaran) disarankan untuk menangkap kompetensi matematis yang sebenarnya karena menilai alasan/argumen di balik langkah, bukan sekadar jawaban akhir (Herbert et al., 2022). Guru perlu meminta siswa untuk memprediksi tingkat kesulitan suatu soal sebelum mengerjakannya dan merefleksikan kembali tingkat keberhasilan mereka setelah tes (pasca-evaluasi). Praktik ini bertujuan mengkalibrasi kembali keyakinan diri siswa yang *overconfident* menjadi keyakinan yang akurat dan berbasis kompetensi nyata. Prediksi ini adalah intervensi berbasis bukti yang meningkatkan akurasi monitoring dan mengoreksi *overconfidence* pada siswa (Janssen & Lazonder, 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif dan kualitatif, penelitian ini menyimpulkan bahwa kemampuan konseptual siswa kelas VI JTA Imam An-Nawawi pada materi perpangkatan dan akar masih tergolong rendah, meskipun persepsi diri mereka terhadap pemahaman dan minat belajar berada pada kategori cukup hingga baik. Ketidaksiharian antara nilai tes formatif yang hanya mencapai rata-rata 60 dengan skor angket persepsi pemahaman diri sebesar 64,91% dan persepsi diri 70% menunjukkan

adanya bias *overconfidence*, yaitu kondisi ketika keyakinan afektif siswa tidak selaras dengan kemampuan kognitif aktual. Wawancara guru memperkuat temuan tersebut melalui penjelasan bahwa pembelajaran masih didominasi pendekatan prosedural, minim representasi visual maupun konkret, serta belum memberikan ruang bagi elaborasi makna, sehingga pemahaman siswa cenderung bersifat instrumental dan tidak mampu ditransfer ke konteks yang berbeda. Pola kesalahan yang muncul pada soal penalaran juga memperlihatkan lemahnya relasi antara konsep dan prosedur yang diperparah oleh belum otomatisnya fakta dasar seperti perkalian, sehingga kapasitas memori kerja cepat terbebani ketika menghadapi operasi campuran. Fenomena ini selaras dengan kerangka Cognitive Load dan kajian bias kalibrasi metakognitif yang menegaskan bahwa ketidakseimbangan antara persepsi dan capaian objektif dapat menghambat regulasi diri dan pembentukan pemahaman bermakna. Oleh karena itu, pembelajaran pada siswa sekolah dasar akhir perlu diarahkan melalui pendekatan konkret–representasional–abstrak (CRA) yang dipadukan dengan strategi *self-explanation*, *retrieval practice*, dan *interleaved practice* untuk mengaitkan prosedur dengan makna konseptual, menurunkan beban kognitif berlebih, memperbaiki akurasi metakognitif, serta mendorong terbentuknya pemahaman konseptual yang stabil. Temuan ini sekaligus membuka peluang penelitian lanjutan untuk menguji efektivitas intervensi berbasis CRA dan *self-explanation* dalam mengurangi bias *overconfidence* dan memperkuat keterkaitan antara pengetahuan konseptual dan prosedural pada pembelajaran matematika di sekolah dasar.

DAFTAR RUJUKAN

- Chatain, J., Müller, C., Chatain, K., Calabrese, L., & Kapur, M. (2025). Concreteness and Abstraction in Mathematics Education: A Taxonomy of the Semantic Landscape. *Educational Psychology Review*, 37(4), 1–49. <https://doi.org/10.1007/s10648-025-10073-9>
- Finell, J., Sammallahti, E., Korhonen, J., Eklöf, H., & Jonsson, B. (2022). Working Memory and Its Mediating Role on the Relationship of Math Anxiety and Math Performance: A Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 12, 798090. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.798090>
- Gao, H., Evans, T., & Fergusson, A. (2025). Student-generated explanation in undergraduate mathematics and statistics education: A systematic literature review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2025.2556867>
- Herbert, S., Vale, C., White, P., & A. Bragg, L. (2022). Engagement with a formative assessment rubric: A case of mathematical reasoning. *International Journal of Educational Research*, 111, 101899. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2021.101899>
- Herheim, R. (2023). On the origin, characteristics, and usefulness of instrumental and relational understanding. *Educational Studies in Mathematics*, 113(3), 389–404. <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10225-0>
- Jagadianti, G. W., & Wijayanti, P. (2024). Correlation between Self-Efficacy and Mathematical Argumentation: A Case Study of Mathematics Education Students. *Journal of Mathematical Pedagogy (JoMP)*, 5(2), 91–101. <https://doi.org/10.26740/jomp.v5n2.p91-101>
- Janssen, N., & Lazonder, A. W. (2024). Meta-analysis of Interventions for Monitoring Accuracy in Problem Solving. *Educational Psychology Review*, 36(3), 1–29. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09936-4>
- Magfirotin, E. S., & Amir, M. F. (2024). Elementary School Students' Conceptual and Procedural Knowledge in Solving Fraction Problems. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 15(1), 109–122. <https://doi.org/10.15294/0m58xs24>
- Mahama, P. N., & Kyeremeh, P. (2023). Impact of Multiple Representations-Based Instruction on Basic Six Pupils' Performance in Solving Problems on Common Fractions. *Journal of Mathematics and Science Teacher*, 3(1), em023. <https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/12610>

- Mariani, M., Hutapea, N. M., & Maimunah, M. (2023). Analysis Of Students' Mistakes In Completing Exponent Materials Based On Castolan Theory. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 7(1), 135–145. <https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v7i1.2333>
- McGinn, K., Young, L., Huyghe, A., & Booth, J. (2024). The Effect of Worked Examples and Self-Explanation Prompts on Mathematics Standardized Assessments. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 17(4), 1008–1030. <https://doi.org/10.1080/19345747.2023.2243254>
- Moru, E. K., & Mathunya, M. (2022). A constructivist analysis of Grade 8 learners' errors and misconceptions in simplifying mathematical algebraic expressions. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 130–144. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v7i3.16784>
- Ophuis-Cox, F. H. A., Catrysse, L., & Camp, G. (2023). The effect of retrieval practice on fluently retrieving multiplication facts in an authentic elementary school setting. *Applied Cognitive Psychology*, 37(6), 1463–1469. <https://doi.org/10.1002/acp.4141>
- Orillo, M. J. F., & Mistades, V. M. (2024). Effects of Multiple Representation in Student's Conceptual Understanding and Metacognitive Awareness in Mechanics. *KnE Social Sciences*, 9(13), 862–868. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.16011>
- Ouwehand, K., Lespiau, F., Tricot, A., & Paas, F. (2025). Cognitive Load Theory: Emerging Trends and Innovations. *Education Sciences*, 15(4), 458. <https://doi.org/10.3390/educsci15040458>
- Rahma, L. V., & Alifiani. (2024). Students' Misconceptions in Simplifying Algebraic Expressions Based on Assimilation and Accommodation Frameworks. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 9(2), 191–206. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v9i2.5172>
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 346–362. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.346>
- Rohrer, D., Dedrick, R. F., Hartwig, M. K., & Cheung, C.-N. (2020). A randomized controlled trial of interleaved mathematics practice. *Journal of Educational Psychology*, 112(1), 40–52. <https://doi.org/10.1037/edu0000367>
- Şenay, Ş. C. (2024). Analysis of Misconceptions and Errors Regarding Exponential and Radical Expressions Through the Theory of Reducing Abstraction. *Research on Education and Psychology*, 8(2), 281–295. <https://doi.org/10.54535/rep.1520588>
- Sheldrake, R., Mujtaba, T., & J. Reiss, M. (2022). Implications of Under-Confidence and Over-Confidence in Mathematics at Secondary School. *International Journal of Educational Research*, 116, 102085. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.102085>
- Wu, J., Jiang, H., Long, L., & Zhang, X. (2024). Effects of AR mathematical picture books on primary school students' geometric thinking, cognitive load and flow experience. *Education and Information Technologies*, 29(18), 24627–24652. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12768-y>
- Yildirim, H. H., & Yikmis, A. (2022). The Effectiveness of Concrete-Representational-Abstract Instruction Strategies in the Instruction of Fractions to Students with Learning Disabilities. *Online Submission*, 8(3), 92–115. <https://doi.org/10.46827/ejse.v8i3.4363>
- Zuhri, R. S., Wilujeng, I., & Haryanto, H. (2023). Multiple Representation Approach in Elementary School Science Learning: A Systematic Literature Review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(3), 51–73. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.3.4>