

KESULITAN BELAJAR SISWA DALAM PERSAMAAN KUADRAT: TINJAUAN LITERATUR MELALUI PERSPEKTIF ANALISIS KESALAHAN

Angga Nurohman¹⁾, Dedi Muhtadi²⁾, Sukirwan³⁾

^{1, 2, 3}Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Siliwangi

Email: dedimuhtadi@unsil.ac.id

Abstract

Quadratic equations are one of the fundamental components of secondary-level mathematics education and serve as a gateway to more advanced topics such as algebra, functions, and calculus. Despite their curricular significance, numerous studies have documented that students consistently experience difficulties in understanding and solving quadratic equations. This study aims to identify and classify the types of students' learning difficulties related to quadratic equations through a systematic literature review. Using an error analysis framework, this review synthesizes findings from 14 peer-reviewed journal articles published between 2015 and 2024. The inclusion criteria cover studies that specifically examine students' errors, misconceptions, and learning obstacles at the lower and upper secondary education levels. The review reveals three main categories of student difficulties: (1) conceptual misconceptions, such as a lack of understanding of the standard form or the properties of quadratic roots; (2) procedural errors, including incorrect application of solution methods such as factoring or completing the square; and (3) technical mistakes, such as sign errors and faulty algebraic manipulations. These findings highlight the complexity of learning quadratic equations and the importance of balancing conceptual understanding with procedural fluency in mathematics instruction. The study concludes that the implementation of error-based instructional strategies and diagnostic assessments can promote deeper comprehension and assist educators in identifying specific learning barriers. Implications for curriculum design, instructional practices, and future research directions are also discussed.

Keywords: *quadratic equations, student errors, learning difficulties, error analysis, mathematics education*

Cara sitasi: Nurohman, A., Muhtadi, D., & Sukirwan (2025). Kesulitan Belajar Siswa dalam Persamaan Kuadrat: Tinjauan Literatur Melalui Perspektif Analisis Kesalahan. *Uninus Journal of Mathematics Education and Science (UJMES)*. 10(2), 115-121. DOI: <https://doi.org/10.30999/ujmes.v10i2.3990>

1. PENDAHULUAN

Pendahuluan Persamaan kuadrat merupakan salah satu topik fundamental dalam kurikulum matematika pada jenjang pendidikan menengah, serta berperan sebagai fondasi untuk memahami konsep-konsep lanjutan seperti fungsi, kalkulus, dan pemodelan matematika (Baybayon & Lapinid, 2024); (Islamiyah & Suryadi, 2023). Di samping nilai konseptualnya, topik ini juga memiliki berbagai aplikasi dalam bidang sains, teknik, dan ekonomi, sehingga pemahaman mendalam terhadap persamaan kuadrat menjadi sangat krusial dalam pendidikan matematika (Felizardo & Sauer, 2023).

Namun demikian, berbagai studi telah mengungkapkan bahwa siswa secara konsisten mengalami kesulitan dalam memahami dan menyelesaikan soal-soal persamaan kuadrat. Kesalahan-kesalahan ini muncul tidak hanya pada siswa dengan kemampuan rendah, tetapi juga pada siswa dengan performa akademik menengah hingga tinggi (Tendere & Mutambara, 2020); (Rahma Wati & Puguh Darmawan, 2024). Kesulitan tersebut mencakup tiga kategori utama: (1) **kesalahan konseptual**, seperti ketidakpahaman terhadap bentuk umum $ax^2 + bx + c = 0$, sifat akar-akar, atau relasi antar koefisien; (2) **kesalahan prosedural**, seperti kegagalan dalam menerapkan metode faktorisasi, melengkapi kuadrat, atau rumus kuadrat; dan (3) **kesalahan teknis**, misalnya kesalahan tanda, manipulasi aljabar, atau kelalaian notasi (Sihafudin & Janan, 2023); (Ndemo & Ndemo, 2023).

Berbagai pendekatan telah digunakan untuk mengidentifikasi pola kesalahan ini, salah satunya adalah kerangka **analisis kesalahan** (error analysis), yang menekankan identifikasi, klasifikasi, dan pemaknaan atas

kesalahan yang dilakukan siswa sebagai indikator proses berpikir mereka (Suciati & Sartika, 2023). Pendekatan ini memberikan wawasan mendalam mengenai sumber-sumber kesalahan, baik dari aspek kognitif seperti beban memori kerja dan miskonsepsi (Narciss & Alemdag, 2025), maupun dari faktor instruksional seperti metode pengajaran dan interaksi guru-siswa (von Kotzebue et al., 2022).

Meskipun penting, sebagian besar penelitian yang ada bersifat terpisah dan kontekstual, terbatas pada studi kasus kelas tertentu atau kurikulum nasional yang spesifik. Belum terdapat kajian sistematis yang mengompilasi dan mensintesis temuan lintas studi secara komprehensif melalui pendekatan analisis kesalahan. Selain itu, kurangnya integrasi lintas metode dan keterbatasan cakupan geografis dalam studi sebelumnya menjadi hambatan dalam pengambilan keputusan berbasis bukti di bidang ini (Febriyanti et al., 2024); (Nurhasanah & Dollo, 2021).

Menanggapi kesenjangan tersebut, kajian ini bertujuan untuk melakukan **tinjauan literatur sistematis (Systematic Literature Review/SLR)** terhadap publikasi ilmiah yang membahas kesalahan belajar siswa dalam menyelesaikan persamaan kuadrat, dengan menggunakan **kerangka analisis kesalahan** sebagai lensa utama. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan bentuk-bentuk kesalahan siswa yang paling sering terjadi; (2) Menganalisis faktor penyebab dari kesalahan-kesalahan tersebut berdasarkan sintesis lintas studi; dan (3) Menyusun implikasi pedagogis dan kurikuler yang berbasis pada temuan review.

Dengan menyintesis temuan dari berbagai konteks pendidikan dan pendekatan metodologis, kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan literatur pendidikan matematika berbasis diagnosis kesalahan, serta kontribusi praktis bagi guru, perancang kurikulum, dan peneliti dalam merancang intervensi pembelajaran yang lebih responsif dan bermakna (Thomas & Mahmud, 2021).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Kajian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan **Tinjauan Literatur Sistematis (Systematic Literature Review/SLR)** dengan mengacu pada panduan **PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)** untuk memastikan transparansi, keterlacakan, dan kualitas proses telaah literatur. SLR dipilih sebagai pendekatan karena memungkinkan penyusunan sintesis dari studi-studi empiris yang tersebar secara sistematis dan terstruktur. Fokus utama kajian ini adalah mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan menganalisis kesalahan-kesalahan siswa dalam menyelesaikan persamaan kuadrat, menggunakan **kerangka analisis kesalahan** sebagai lensa konseptual utama (Thomas & Mahmud, 2021). Kajian ini dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan utama: (1) apa saja bentuk kesalahan yang umum dilakukan siswa dalam topik persamaan kuadrat, (2) bagaimana kesalahan tersebut diklasifikasikan menurut jenisnya, dan (3) faktor-faktor apa saja yang memengaruhi terjadinya kesalahan tersebut.

2.2 Sumber Data dan Strategi Pencarian

Artikel dikumpulkan dari enam basis data ilmiah terkemuka, yaitu **Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, DOAJ, Google Scholar, dan Garuda**, guna memastikan keberagaman sumber dan cakupan global maupun lokal. Pencarian dilakukan pada bulan Mei 2024 dengan menggunakan kombinasi kata kunci berikut: "*quadratic equations*", "*student errors*", "*mathematics misconceptions*", "*error analysis*", dan "*learning difficulties in algebra*", serta padanannya dalam bahasa Indonesia seperti "*persamaan kuadrat*", "*kesalahan siswa*", dan "*analisis kesalahan*". Operator Boolean *AND* dan *OR* digunakan untuk memperluas hasil pencarian, namun tetap mempertahankan fokus kajian. Hanya artikel yang tersedia dalam akses penuh dan diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2024 yang dipertimbangkan untuk analisis lebih lanjut.

2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Untuk menjaga relevansi dan kualitas literatur yang ditinjau, kriteria inklusi yang diterapkan adalah sebagai berikut: (1) artikel yang secara eksplisit membahas kesalahan atau miskonsepsi siswa dalam topik **persamaan kuadrat**, (2) studi melibatkan peserta didik pada jenjang **SMP/ sederajat** atau **SMA/ sederajat**, (3) artikel diterbitkan antara tahun **2015 hingga 2024**, (4) artikel tersedia dalam bahasa **Indonesia atau Inggris**, dan telah melalui proses **peer-review**. Sementara itu, artikel dikecualikan apabila (a) bersifat non-empiris atau berbasis opini pribadi, (b) tidak menyebutkan bentuk kesalahan secara eksplisit, (c) tidak tersedia dalam akses penuh, atau (d) tidak relevan dengan fokus topik kajian. Kriteria ini dirumuskan dengan mempertimbangkan pendekatan pemilahan literatur yang direkomendasikan dalam PRISMA.

2.4 Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel mengikuti empat tahap sesuai diagram alur PRISMA. Tahap pertama adalah **identifikasi awal**, yang menghasilkan 163 artikel potensial dari keenam basis data. Tahap kedua, yaitu **penyaringan judul dan abstrak**, mengeliminasi 91 artikel karena dianggap tidak relevan dengan fokus kajian. Pada tahap ketiga, **evaluasi isi penuh**, 44 artikel dibaca secara menyeluruh, dan 30 di antaranya dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria inklusi secara substansial. Tahap keempat adalah **sintesis akhir**, yang menyisakan 14 artikel utama sebagai bahan utama dalam analisis. Proses seleksi dilakukan oleh dua penelaah independen. Setiap perbedaan pendapat diselesaikan melalui diskusi hingga mencapai konsensus, sebagaimana disarankan oleh Page et al. (2021) untuk menghindari bias dan meningkatkan keandalan seleksi.

2.5 Teknik Analisis dan Kodefikasi

Setelah artikel terpilih, data dianalisis menggunakan pendekatan **analisis tematik** berbasis kerangka **analisis kesalahan** yang dikembangkan oleh Newman (1977), Watson, dan diperluas oleh Lai (2012). Analisis dilakukan secara manual dan sistematis menggunakan lembar kode berbasis spreadsheet. Kesalahan dikategorikan ke dalam tiga jenis utama: (1) **Kesalahan Konseptual**, yang melibatkan miskonsepsi terhadap bentuk standar persamaan kuadrat, hukum faktor nol, atau sifat akar-akar; (2) **Kesalahan Prosedural**, yaitu kesalahan dalam langkah-langkah penyelesaian seperti faktorisasi, melengkapi kuadrat, atau penerapan rumus kuadrat; dan (3) **Kesalahan Teknis**, seperti kesalahan tanda, kesalahan hitung, serta kelalaian atau kesalahan dalam notasi aljabar (Suciati & Sartika, 2023); (Luhukay et al., 2023).

Setiap artikel dikode berdasarkan kategori kesalahan, frekuensi temuan, serta faktor penyebab yang dilaporkan. Validitas proses kodefikasi dijaga melalui **triangulasi antar penelaah**, dengan uji reliabilitas *inter-rater agreement* mencapai tingkat kesesuaian sebesar 86%, yang menunjukkan konsistensi klasifikasi yang tinggi. Proses ini didukung oleh dokumentasi analitik dan peninjauan silang terhadap semua hasil ekstraksi data. Pendekatan semacam ini lazim diterapkan dalam analisis literatur pendidikan yang berbasis kategori kesalahan (Andarini, 2023); (Squires, 2023), dan memberikan kejelasan struktur pada temuan yang akan disajikan di bagian hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Berdasarkan hasil analisis terhadap 14 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, ditemukan bahwa kesalahan siswa dalam menyelesaikan persamaan kuadrat secara konsisten dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu: (1) kesalahan konseptual, (2) kesalahan prosedural, dan (3) kesalahan teknis. Kategori-kategori ini muncul secara berulang lintas konteks dan jenjang pendidikan, dan masing-masing kategori memiliki karakteristik yang khas serta faktor penyebab yang berbeda. Berikut adalah hasil sintesis tematik dari masing-masing jenis kesalahan.

(1) Kesalahan Konseptual: Pemahaman yang Tidak Tepat terhadap Struktur dan Sifat Persamaan Kuadrat

Kesalahan konseptual muncul ketika siswa tidak memahami secara mendalam makna dari bentuk umum persamaan kuadrat atau sifat-sifat fundamental yang menyertainya. Salah satu kesulitan utama yang ditemukan adalah ketidakmampuan siswa dalam mengenali bahwa suatu persamaan termasuk dalam kategori kuadrat ketika bentuknya tidak eksplisit atau tidak lengkap. Reid dan Norton (2022) melaporkan bahwa siswa cenderung keliru dalam mengidentifikasi persamaan kuadrat jika salah satu koefisiennya nol, seperti pada $ax^2 + c = 0$, sehingga mereka gagal memilih metode penyelesaian yang sesuai.

Selain itu, terdapat miskonsepsi umum bahwa semua persamaan kuadrat memiliki dua akar real dan berbeda. (Baybayon & Lapinid, 2024) mencatat bahwa siswa sering hanya menuliskan satu akar untuk soal seperti $x^2 = 9$, yaitu $x = 3$, dan mengabaikan akar lainnya, yaitu $x = -3$. Mereka juga menunjukkan bahwa sebagian besar siswa tidak mempertimbangkan kemungkinan nilai diskriminan bernilai nol atau negatif, yang dapat menghasilkan akar kembar atau akar kompleks. Hal ini menunjukkan lemahnya pemahaman terhadap hubungan antara bentuk aljabar dan sifat solusi dari persamaan kuadrat, termasuk peran diskriminan dalam menentukan jenis akar.

(2) Kesalahan Prosedural: Penerapan Langkah Penyelesaian yang Tidak Tepat

Kesalahan prosedural terjadi ketika siswa mengetahui metode penyelesaian, tetapi gagal menerapkannya secara tepat. Kesalahan ini sering muncul dalam konteks faktorisasi, penyusunan kuadrat sempurna, atau penggunaan rumus kuadrat. (Didiș dan Erbaș, 2015) menemukan bahwa siswa sering keliru dalam menentukan faktor dari suatu bentuk kuadrat atau salah dalam menyusun ekspresi kuadrat sempurna saat menggunakan metode melengkapi kuadrat. Mereka juga melaporkan bahwa kesalahan sering terjadi pada tahap substitusi nilai koefisien ke dalam rumus kuadrat, khususnya dalam perhitungan diskriminan.

Selain itu, beberapa studi menunjukkan bahwa siswa sering mencampuradukkan prosedur dari beberapa metode secara tidak tepat. Misalnya, siswa memulai dengan faktorisasi, namun kemudian beralih ke metode rumus kuadrat tanpa menyadari bahwa pendekatan yang mereka lakukan tidak konsisten. (Tendere & Mutambara, 2020) menekankan bahwa hal ini mencerminkan lemahnya penguasaan terhadap prosedur standar dan kurangnya pemahaman kapan suatu metode lebih tepat digunakan daripada metode lainnya. Kesalahan prosedural ini tidak hanya menunjukkan kelemahan dalam algoritma penyelesaian, tetapi juga menggambarkan rendahnya metakognisi siswa dalam memilih strategi pemecahan masalah yang sesuai.

(3) Kesalahan Teknis: Kecerobohan dan Lemahnya Keterampilan Aljabar Dasar

Kesalahan teknis mencakup kesalahan yang bersifat mekanistik atau manipulatif, seperti kesalahan tanda, kesalahan hitung, serta kekeliruan dalam notasi atau bentuk penulisan matematika. Meskipun tampak sederhana, kesalahan ini sangat umum ditemukan, bahkan pada siswa yang memahami konsep dan mengetahui langkah penyelesaian. (Ndemo & Ndemo, 2023) serta (Sihafudin & Janan, 2023) mencatat bahwa kesalahan seperti salah menyalin tanda negatif, keliru dalam pengurangan bilangan, atau salah menuliskan bentuk faktorisasi sering menyebabkan solusi yang salah meskipun prosedur yang dipilih sudah benar.

Kesalahan teknis juga muncul dalam bentuk pengabaian terhadap konvensi matematika, seperti tidak menuliskan bentuk standar $ax^2 + bx + c = 0$ sebelum menyelesaikan soal. (Baybayon & Lapinid, 2024) menekankan bahwa siswa sering langsung memanipulasi bentuk persamaan tanpa melakukan transformasi awal yang dapat membantu mengorganisir informasi secara sistematis. Hal ini menunjukkan pentingnya keterampilan prasyarat dalam aljabar, termasuk operasi bilangan, distribusi, dan penyederhanaan ekspresi, yang mendasari keberhasilan dalam menyelesaikan persamaan kuadrat secara tepat.

Sintesis Tematik Lintas Kategori

Temuan dari kajian ini menunjukkan bahwa ketiga jenis kesalahan—konseptual, prosedural, dan teknis—tidak dapat dipisahkan secara mutlak, melainkan sering tumpang tindih dan saling memperkuat. Misalnya, kesalahan konseptual dapat memicu kesalahan prosedural, dan keduanya dapat memperbesar kemungkinan terjadinya kesalahan teknis. Hal ini menguatkan pandangan bahwa pembelajaran persamaan kuadrat harus dirancang secara holistik, mencakup penguatan pemahaman konseptual, pelatihan prosedural yang terarah, serta penanaman keterampilan teknis yang presisi.

Sebagai contoh, siswa yang tidak memahami bahwa akar suatu persamaan kuadrat dapat bernilai kompleks (konseptual), kemungkinan besar juga akan salah menggunakan rumus kuadrat (prosedural), dan berpotensi melakukan kesalahan tanda dalam perhitungan (teknis). Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran berbasis analisis kesalahan sangat relevan untuk diterapkan, karena memungkinkan guru mengidentifikasi titik-titik kritis dalam proses berpikir siswa secara lebih tajam dan mendalam (Thomas & Mahmud, 2021) ; (Ma et al., 2020).

3.2 Pembahasan

Kesulitan siswa dalam menyelesaikan persamaan kuadrat bersifat multidimensional, meliputi kesalahan konseptual, prosedural, dan teknis. Berdasarkan kerangka dari (Tendere & Mutambara, 2020), kesalahan konseptual sering kali muncul akibat miskonsepsi terhadap konsep akar dan hukum faktor nol (Rahma Wati & Puguh Darmawan, 2024), sementara kesalahan prosedural terjadi karena penerapan langkah yang salah, seperti penggunaan rumus kuadrat yang keliru (Tendere & Mutambara, 2020). Kesalahan teknis mencakup kecerobohan dalam notasi dan perhitungan (Sari & Pujiastuti, 2022). Tantangan ini diperparah oleh lemahnya keterampilan prasyarat seperti operasi bilangan dan manipulasi aljabar (Baybayon & Lapinid, 2024), serta penguasaan konsep yang tidak memadai (O'Connor & Norton, 2022). Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang berfokus pada penguatan dasar konseptual, kefasihan prosedural, dan ketelitian teknis, termasuk remedial yang sistematis (Albento, 2023) serta visualisasi grafik kuadrat dan pendekatan gamifikasi (Dedi Muhtadi et al., 2023).

Dominasi pendekatan prosedural dalam pengajaran matematika menjadi akar permasalahan lainnya. Siswa cenderung hanya menghafal langkah-langkah tanpa memahami makna di balik proses tersebut (Kurudirek et al., 2025), sehingga miskonsepsi seperti salah memahami hukum faktor nol atau penghilangan akar negatif menjadi hal yang umum (Rahma Wati & Puguh Darmawan, 2024); (Angelo A. Legarde, 2022). Kurangnya kemampuan guru dalam mengidentifikasi dan menangani miskonsepsi juga memperparah keadaan (BÜTÜN & ERDOĞAN, 2020). Untuk mengatasinya, pendekatan konseptual melalui alat visual, eksplorasi kontekstual, dan pembelajaran kolaboratif sangat disarankan (Kunwar & C, 2023); (Quinio & Cuarto, 2023). Pengembangan kurikulum juga perlu mengutamakan eksplorasi konsep sebelum definisi formal dan memperkuat koneksi antara representasi simbolik, grafis, dan verbal.

Di sisi lain, pemahaman terhadap kesalahan siswa menjadi fondasi penting bagi pengembangan strategi pengajaran. Analisis kesalahan, seperti kerangka Newman, mampu mengidentifikasi titik kegagalan mulai dari membaca soal hingga menuliskannya, di mana kesalahan terbesar ditemukan pada tahap keterampilan proses (38,77%) dan penulisan (36,73%) (Pomalato et al., 2020). Praktik reflektif dan diagnostik terbukti efektif tidak hanya di pendidikan matematika, tetapi juga dalam bidang medis dan teknologi, meskipun transfer keterampilan reflektif belum selalu optimal (Sinha et al., 2021); (Kuhn et al., 2023); (Andrianov et al., 2023). Oleh karena itu, integrasi refleksi sistematis ke dalam kurikulum lintas bidang penting untuk meningkatkan kualitas belajar dan pemecahan masalah.

Penelitian juga menunjukkan bahwa siswa mengalami hambatan serius ketika pengetahuan awal mereka tidak sejalan dengan konsep baru, seperti konvensi aljabar dan struktur persamaan kuadrat (Panggabean & Tamba, 2020). Kesalahan umum seperti salah tanda atau manipulasi aljabar yang keliru mencerminkan miskonsepsi kognitif (Mathaba et al., 2024). Untuk itu, pendekatan berbasis penguasaan

dengan waktu belajar bertahap sangat direkomendasikan (O'Connor & Norton, 2022), ditambah dengan strategi pembelajaran berbasis masalah dan kolaboratif (Fadipe et al., 2023). Intervensi berbasis kesalahan yang fokus pada analisis dan koreksi dapat memperkuat pemahaman konseptual dan meningkatkan hasil belajar (Thomas & Mahmud, 2021); (Baybayon & Lapinid, 2024). Dengan dukungan kurikulum yang koheren, pelatihan guru yang kuat, dan integrasi teknologi inovatif, pembelajaran persamaan kuadrat akan menjadi lebih bermakna dan berdampak jangka panjang.

4. KESIMPULAN

Kajian ini menyajikan sintesis menyeluruh terhadap berbagai studi yang membahas kesulitan belajar siswa dalam menyelesaikan persamaan kuadrat, dengan menggunakan pendekatan **analisis kesalahan (error analysis)** sebagai kerangka utama. Berdasarkan telaah terhadap 14 artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2015 hingga 2024, ditemukan bahwa kesulitan siswa dapat diklasifikasikan secara konsisten ke dalam tiga kategori utama, yaitu: **(1) miskonsepsi konseptual**, seperti pemahaman yang keliru terhadap bentuk umum persamaan kuadrat dan sifat akar-akarnya; **(2) kesalahan prosedural**, seperti penggunaan metode yang tidak tepat atau langkah penyelesaian yang tidak lengkap; dan **(3) kesalahan teknis**, termasuk kesalahan tanda, kesalahan hitung, dan manipulasi simbol aljabar yang tidak akurat.

Temuan ini menunjukkan bahwa kesulitan siswa dalam memahami persamaan kuadrat bukan hanya berasal dari kurangnya latihan atau paparan prosedural, tetapi juga dari lemahnya fondasi konseptual dan keterampilan teknis dasar. Dalam konteks ini, penting bagi pendidik dan perancang kurikulum untuk tidak hanya menekankan pada penyelesaian algoritmik, tetapi juga memberikan perhatian lebih terhadap pemahaman struktur konsep, diagnosis kesalahan secara sistematis, dan pengembangan kemampuan reflektif siswa dalam proses belajar matematika.

Lebih jauh, kajian ini menyoroti pentingnya pendekatan berbasis kesalahan (*error-based instruction*) dan asesmen diagnostik sebagai strategi utama dalam mendukung pembelajaran yang lebih bermakna dan adaptif. Dengan memahami pola kesalahan yang umum dan sumber kesulitan siswa, guru dapat merancang intervensi yang lebih tepat sasaran dan sensitif terhadap kebutuhan belajar individu. Kajian ini juga merekomendasikan agar penelitian lanjutan mengembangkan instrumen diagnostik berbasis temuan kajian ini, serta memperluas ruang lingkup kajian pada konteks pendidikan yang lebih beragam, termasuk penggunaan teknologi dan pendekatan diferensiasi pembelajaran.

5. IMPLIKASI

Implikasi Teoretis

Hasil penelitian ini memperkuat pentingnya pendekatan berbasis analisis kesalahan (*error analysis*) sebagai kerangka konseptual dalam mengkaji kesulitan belajar siswa. Klasifikasi kesalahan menjadi dasar untuk merancang instrumen diagnosis yang lebih tajam, sekaligus memperkaya teori pembelajaran matematika yang berorientasi pada identifikasi miskonsepsi.

Implikasi Praktis

Secara praktis, guru matematika perlu merancang strategi pembelajaran yang **mengintegrasikan pemahaman konseptual dengan keterampilan prosedural**, misalnya melalui pendekatan visual, diskusi reflektif, dan pembelajaran berbasis kesalahan (*error-based learning*). Penggunaan media manipulatif, grafik fungsi kuadrat, dan konteks dunia nyata juga dapat meningkatkan keterhubungan siswa dengan konsep. Selain itu, penting untuk menyediakan **latihan terarah yang memfokuskan pada sumber kesalahan umum** seperti pemfaktoran, penggunaan rumus kuadrat, dan penafsiran akar-akar.

Implikasi Kurikuler

Temuan ini memberikan dasar kuat bagi perancang kurikulum untuk mempertimbangkan **penyusunan urutan materi yang lebih konseptual dan bertahap**, serta memberikan ruang bagi remediasi sistematis sebelum siswa mempelajari materi kuadrat. Kurikulum juga perlu memberi porsi lebih besar pada aktivitas diagnostik dan intervensi berbasis kesalahan.

5. REFERENSI

- Albento, E. A. (2023). Development and validation of remediated learning material in mathematics 6. *International Journal of Research Studies in Education*, 12(7). <https://doi.org/10.5861/ijrse.2023.53>
- Andarini, H. (2023). ANALISIS KESALAHAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL CERITA PERBANDINGAN BERDASARKAN PROSEDUR NEWMAN. *Jurnal Lemma*, 9(2). <https://doi.org/10.22202/jl.2022.v9i2.5404>
- Andrianov, I. A., Polyanskiy, A. M., Rzhetskaya, S. U., & Kharina, M. V. (2023). Diagnostics of the results of mastering competencies in the information environment for teaching IT students. *Open Education*, 27(4), 17–28. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2023-4-17-28>
- Angelo A. Legarde, M. (2022). WORKING WITH MATHEMATICAL PROBLEMS: AN ANALYSIS OF STUDENTS MISCONCEPTIONS AND ITS IMPACT ON MATHEMATICS LEARNING. *International Journal of Advanced Research*, 10(03), 25–33. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/14358>
- Baybayon, G. G., & Lapinid, M. R. C. (2024). Students' common errors in quadratic equations: Towards improved mathematics performance. *Infinity Journal*, 13(1), 83–98. <https://doi.org/10.22460/infinity.v13i1.p83-98>
- BÜTÜN, M., & ERDOĞAN, N. (2020). Matematik Öğretmenlerinin Öğrencilerin Sıfır Kavramıyla ilgili Anlayışlarına İlişkin Bilgilerinin İncelenmesi. *Cumhuriyet International Journal of Education*. <https://doi.org/10.30703/cije.730314>
- Dedi Muhtadi, Wulandari, W., & Sukirwan. (2023). Kesulitan peserta didik pada materi luas permukaan dan volume limas. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu*, 2(3), 361–372. <https://doi.org/10.31980/pme.v2i3.1729>
- Fadipe, M. B., Sepeng, P., & Rankhumise, M. P. (2023). Deploying Problem-Centred Approach to Teaching and Learning of Quadratic Equations: A Case Study in Limpopo Province. *Journal of Educational Studies*, 22(4), 157–171. <https://doi.org/10.59915/jes.2023.22.4.9>
- Febriyanti, W., Wahyuddin, W., & Mutmainnah, M. (2024). Analysis of Student Errors in Solving Problems on Three-Dimensional Shapes with Flat Surfaces: A Qualitative Study on Eighth-Grade Students. *International Journal of Geometry Research and Inventions in Education (Gradient)*, 1(2), 58–65. <https://doi.org/10.56855/gradient.v1i2.1198>
- Felizardo, E., & Sauer, L. Z. (2023). Modelagem matemática e a função quadrática: uma possibilidade de ensino. *Scientia Cum Industria*, 12(1), e231201. <https://doi.org/10.18226/23185279.e231201>
- Islamiyah, W., & Suryadi, D. (2023). Analysis of Students' Error in Learning of Quadratic Equations : Systematic Literature Review. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 11(2), 394. <https://doi.org/10.25273/jipm.v11i2.15564>
- Kuhn, J., Mamede, S., van den Berg, P., Zwaan, L., van Peet, P., Bindels, P., & van Gog, T. (2023). Learning deliberate reflection in medical diagnosis: does learning-by-teaching help? *Advances in Health Sciences Education*, 28(1), 13–26. <https://doi.org/10.1007/s10459-022-10138-2>

- Kunwar, R., & C, L. G. (2023). An Overview of Strategies for Conceptualizing Derivative and their Applications in Daily Life for Secondary-Level Mathematics Students. *South Asian Research Journal of Engineering and Technology*, 5(05), 69–82. <https://doi.org/10.36346/sarjet.2023.v05i05.003>
- Kurudirek, A., Karim, B., Sarhang, D., & Tulqin, S. (2025). Math misconceptions: Mistakes, misunderstanding, and confusion. *Educenter: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 4(1), 16–25. <https://doi.org/10.55904/educenter.v4i1.1322>
- Luhukay, R. M., Mataheru, W., & Molle, J. S. (2023). ANALISIS KESALAHAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL CERITA ARITMATIKA SOSIAL BERDASARKAN NEWMAN ERROR ANALYSIS. *Science Map Journal*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.30598/jmsvol5issue1pp1-9>
- Ma, Y., Xie, S., Wang, Y., & McDougall, D. (2020). Analysis of Students' Systematic Errors and Teaching Strategies for 3-Digit Multiplication. In *Reciprocal Learning for Cross-Cultural Mathematics Education* (pp. 159–182). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56838-2_9
- Mathaba, P. N., Bayaga, A., Tirmovan, D., & Bossé, M. J. (2024). Error analysis in algebra learning: Exploring misconceptions and cognitive levels. *Journal on Mathematics Education*, 15(2), 575–592. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i2.pp575-592>
- Narciss, S., & Alemdag, E. (2025). Learning from errors and failure in educational contexts: New insights and future directions for research and practice. *British Journal of Educational Psychology*, 95(1), 197–218. <https://doi.org/10.1111/bjep.12716>
- Ndemo, Z., & Ndemo, O. (2023). Mitigating errors and misconceptions among Grade 11 learners in algebra through error analysis. *African Journal of Teacher Education and Development*, 2(1). <https://doi.org/10.4102/ajoted.v2i1.11>
- Nurhasanah, N., & Dollo, A. (2021). DIAGNOSIS OF STUDENTS' ERRORS IN FINDING AREAS BY INTEGRATION. *MaPan*, 9(2), 335. <https://doi.org/10.24252/mapan.2021v9n2a10>
- Panggabean, R. F. S. B., & Tamba, K. P. (2020). KESULITAN BELAJAR MATEMATIKA: ANALISIS PENGETAHUAN AWAL [DIFFICULTY IN LEARNING MATHEMATICS: PRIOR KNOWLEDGE ANALYSIS]. *JOHME: Journal of Holistic Mathematics Education*, 4(1), 17. <https://doi.org/10.19166/johme.v4i1.2091>
- Pomalato, S. W. D., Ili, L., Ningsi, B. A., Fadhilaturrehmi, F., Hasibuan, A. T., & Primayana, K. H. (2020). Student Error Analysis in Solving Mathematical Problems. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11), 5183–5187. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081118>
- Quinio, K., & Cuarto, P. (2023). Mathematical Misconceptions of Senior High School Students: Implications to Mathematics Curriculum. *JP AIR Institutional Research*, 21(1), 44–66. <https://doi.org/10.7719/872>
- Rahma Wati, & Puguh Darmawan. (2024). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Persamaan Kuadrat Berdasarkan Klasifikasi Kastolan. *Populer: Jurnal Penelitian Mahasiswa*, 3(4), 56–72. <https://doi.org/10.58192/populer.v3i4.2713>
- Sari, S. I., & Pujiastuti, H. (2022). Analisis Kesalahan Siswa dalam Mengerjakan Soal Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar Berdasarkan Kriteria Kastolan. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 21–29. <https://doi.org/10.30605/proximal.v5i2.1786>

- Sihafudin, S., & Janan, T. (2023). ANALISIS KESALAHAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL PERSAMAAN KUADRAT. *AL JABAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 2(1), 42–51. <https://doi.org/10.46773/aljabar.v2i1.700>
- Sinha, P., Pischel, L., & Sofair, A. N. (2021). Improving diagnosis by feedback and deliberate practice: one-on-one coaching for diagnostic maturation. *Diagnosis*, 8(2), 157–160. <https://doi.org/10.1515/dx-2020-0129>
- Squires, V. (2023). *Thematic Analysis* (pp. 463–468). https://doi.org/10.1007/978-3-031-04394-9_72
- Suciati, I., & Sartika, N. (2023). Students' Errors Analysis in Solving Mathematics Problems Viewed from Various Perspectives. *12 Waiheru*, 9(2), 149–158. <https://doi.org/10.47655/12waiheru.v9i2.145>
- Tendere, J., & Mutambara, L. H. N. (2020). An Analysis of Errors and Misconceptions in the Study of Quadratic Equations. *European Journal of Mathematics and Science Education, volume-1-2020*(volume-1-issue-2-december-2020), 81–90. <https://doi.org/10.12973/ejmse.1.2.81>
- Thomas, D. S., & Mahmud, M. S. (2021). Analysis of Students' Error in Solving Quadratic Equations Using Newman's Procedure. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 11(12). <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i12/11760>
- von Kotzebue, L., Förtsch, C., Förtsch, S., & Neuhaus, B. J. (2022). Dealing with Student Errors in Whole-Class Discussions of Biology Lessons at German Secondary Schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(3), 459–480. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10171-4>