

Analisis Strategi dan Kesalahan Siswa pada Materi Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar

Ruth Helen Simarmata¹, Esterlina², Danny Saputra^{3*}

^{1,3}Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

²Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author: danny@ilkom.unsri.ac.id

Dikirim: 23-09-2026; Direvisi: 05-10-2026; Diterima: 08-10-2026

Abstrak: Penelitian ini mengkaji strategi pemecahan masalah dan kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal yang melibatkan bilangan berpangkat dan bentuk akar pada berbagai tingkat kemampuan akademik. Desain deskriptif kualitatif diterapkan dengan melibatkan 80 siswa kelas sembilan yang mengerjakan tes sumatif berisi sepuluh soal uraian. Skor tes digunakan sebagai data pendukung untuk mengelompokkan siswa berdasarkan tingkat kemampuan. Analisis difokuskan pada jawaban tertulis untuk soal nomor 5, 7, dan 10 yang dipilih secara purposif karena mewakili kategori performa, langkah penyelesaian, dan peluang untuk menunjukkan mengungkap proses pemecahan masalah siswa yang berbeda-beda. Setiap jawaban dianalisis untuk mengidentifikasi strategi yang digunakan serta mengklasifikasikan kesalahan ke dalam tiga kategori yaitu kesalahan konseptual, kesalahan prosedural, dan kesalahan komputasi. Temuan penelitian menunjukkan adanya tiga strategi utama yaitu menyederhanakan bentuk akar terlebih dahulu, melakukan perhitungan langsung atau menerapkan sifat distributif, serta mengubah bentuk bilangan berpangkat atau bentuk akar sebelum melakukan perhitungan utama. Kesalahan konseptual, prosedural, dan komputasi masing-masing teridentifikasi dalam empat kejadian. *Google colab* dan *python* digunakan untuk mengelola data yang telah diberi kode, melakukan analisis statistik deskriptif, serta memvisualisasikan pola strategi dan kesalahan siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis terhadap proses penyelesaian siswa memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai cara siswa menyelesaikan soal dibandingkan hanya berfokus pada jawaban akhir. Analisis berorientasi pada proses juga memberikan wawasan lebih mendalam mengenai sifat dan distribusi kesalahan siswa pada berbagai tingkat performa akademik. Temuan ini dapat membantu guru dalam mengidentifikasi kesulitan spesifik, menentukan jawaban pembelajaran yang tepat, serta merancang aktivitas pembelajaran yang secara lebih efektif mengatasi kelemahan dalam penalaran matematis siswa.

Kata Kunci: akar dan bilangan berpangkat; *google colab*; kesalahan siswa; *python*; strategi penyelesaian.

Abstract: This study examines students' problem-solving strategies and errors when solving problems involving exponents and radicals across different levels of academic ability. A qualitative descriptive research design was employed, involving 80 ninth-grade students who completed a summative assessment consisting of ten open-ended questions. Test scores were used as supplementary data to categorize students according to their academic ability levels. The analysis focused on written responses to questions 5, 7, and 10, purposively selected to capture differences in performance levels, solution procedures, and students' problem-solving processes. Each response was examined to identify strategies and classify errors into three categories: conceptual, procedural, and computational. The findings revealed three main strategies: simplifying radical expressions before calculation, performing direct calculations or applying the distributive property, and transforming exponential or radical expressions before carrying out calculations. Each error category was identified in four instances. Google Colab and Python were used to manage coded data, conduct descriptive

statistical analyses, and visualize patterns of strategies and errors. The findings indicate that examining students' solution processes provides a clearer understanding of their mathematical approaches than evaluating final answers alone. By considering intermediate steps, the analysis highlights how students interpret mathematical expressions and apply procedures. This process-oriented analysis reveals differences in the nature and distribution of errors across academic performance levels. These findings can support teachers in identifying learning difficulties, selecting appropriate instructional interventions, and designing learning activities to address weaknesses in students' mathematical reasoning and improve their problem-solving skills.

Keywords: roots and exponents; google colab; student errors; phyton; problem-solving strategies.

PENDAHULUAN

Asesmen memegang peranan penting dalam pendidikan matematika karena menyediakan informasi mengenai pencapaian siswa setelah proses pembelajaran berlangsung. Hasil penilaian tidak hanya berfungsi untuk mengukur tingkat penguasaan materi secara umum, melainkan juga mencakup hal mengidentifikasi karakteristik pemahaman siswa serta kesulitan yang dihadapi siswa. Pada pembelajaran matematika, performa siswa tidak semata-mata terlihat dari kemampuan memperoleh jawaban akhir yang benar, melainkan juga dari kapasitas dalam menerapkan konsep, prosedur, dan penalaran untuk memecahkan masalah dengan tepat (*OECD Regional Outlook 2023*, 2023). Oleh karena itu, menafsirkan hasil penilaian hanya berdasarkan skor akhir tidak dapat sepenuhnya menggambarkan mengenai proses pemecahan masalah yang dilakukan oleh siswa.

Analisis terhadap jawaban siswa menjadi hal yang esensial karena siswa dengan tingkat pencapaian yang berbeda dapat menunjukkan strategi pemecahan masalah yang berlainan, sementara skor atau jawaban akhir yang sama tidak selalu merepresentasikan proses penyelesaian yang sama. Siswa dapat mencapai hasil yang identik melalui urutan langkah, representasi, dan strategi yang berbeda. Oleh karena itu, analisis terhadap jawaban tertulis diperlukan untuk mengidentifikasi bagaimana siswa memilih strategi, mempertahankan hubungan matematis, dan menyelesaikan setiap tahap pengerjaan. Penelitian oleh Jiang et al. (2021) menemukan bahwa analisis data dapat membedakan antara siswa yang menghasilkan jawaban benar yang sama namun menempuh langkah dan strategi yang berbeda untuk mencapainya. Pandangan ini sejalan dengan Park et al. (2023) mengidentifikasi beragam pola pemecahan masalah di kalangan siswa yang semuanya memberikan jawaban benar. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa analisis terhadap pola, urutan langkah, dan karakteristik jawaban memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai proses berpikir siswa dibandingkan jika hanya mengandalkan skor akhir.

Kebutuhan akan analisis mendalam terhadap proses penyelesaian sangat relevan dengan topik-topik yang melibatkan bilangan berpangkat dan bentuk akar. Materi ini tidak hanya menuntut keterampilan komputasi tetapi juga pemahaman mengenai konsep-konsep terhadap basis, sifat-sifat bilangan berpangkat, hubungan antara bentuk bilangan berpangkat dan bentuk akar, serta kemampuan untuk mengubah bentuk ekspresi matematika dalam bentuk tetap ekuivalen. Kesalahan dalam aspek ini dapat terjadi pada berbagai tahapan proses penyelesaian. Penelitian



Nurkamilah et al. (2021) menunjukkan bahwa siswa masih memiliki miskonsepsi terkait pemahaman dan penerapan konsep yang berkaitan dengan bilangan pokok termasuk kesalahan dalam generalisasi dan penggunaan notasi. Dalam konteks pemecahan masalah matematika yang terkait, yakni penelitian oleh Kairuddin Kairuddin et al. (2025) lebih lanjut menunjukkan bahwa kesalahan siswa tidak terbatas pada jawaban akhir saja. Kesalahan dapat muncul saat menafsirkan informasi, memilih prosedur, dan melaksanakan langkah-langkah penyelesaian. Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa kesalahan siswa perlu dijelaskan berdasarkan proses penyelesaiannya, karena jawaban akhir yang salah tidak selalu mencerminkan kesulitan mendasar yang sama.

Kesalahan pada proses penyelesaian matematika dapat memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini kesalahannya dijelaskan ke dalam tiga kategori, yaitu kesalahan konseptual, prosedural, dan komputasional. Kesalahan konseptual berkaitan dengan ketidaktepatan dalam memahami atau menerapkan konsep dan sifat matematika, sedangkan kesalahan prosedural berkaitan dengan pemilihan, urutan, penerapan, atau kelengkapan langkah penyelesaian. Kesalahan komputasional mencakup kekeliruan yang terjadi selama operasi atau perhitungan. Uchechi et al. (2025) melaporkan bahwa kesulitan siswa terhadap materi matematika dapat bersumber dari masalah terkait pemahaman konsep, penerapan prosedur, dan proses perhitungan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mario et al. (2025) juga menyoroti kesulitan siswa dalam memahami hubungan antarkonsep, menerapkan sifat-sifat matematika dan melakukan perhitungan. Membedakan jenis-jenis kesalahan ini sangatlah penting karena dua siswa yang memperoleh jawaban salah yang sama bisa jadi melakukan kesalahan yang berasal dari sumber yang berbeda-beda. Oleh karena itu, analisis berdasarkan langkah-langkah pemecahan masalah dapat memberikan informasi diagnostik yang lebih spesifik dan jelas mengenai perihal kesulitan yang dihadapi siswa.

Selain mengungkap berbagai jenis kesalahan, jawaban siswa juga dapat menunjukkan penggunaan beragam strategi pemecahan masalah, bahkan saat mengerjakan soal yang sama. Strategi-strategi ini dapat menggambarkan bagaimana siswa memahami konsep, menggunakan representasi, memilih prosedur, dan menghubungkan langkah-langkah pengerjaan. Oleh karena itu, jawaban tertulis menjadi sumber data yang sangat penting dalam penelitian kualitatif, yang memungkinkan peneliti menelusuri urutan pemecahan masalah serta mengidentifikasi tahapan spesifik di mana strategi siswa mulai menyimpang dari konsep atau prosedur yang benar. Penelitian yang relevan oleh Utami (2026) menemukan bahwa solusi yang menghasilkan jawaban akhir sama dapat menunjukkan profil komunikasi matematis yang berbeda terkait penggunaan representasi simbolik dan visual serta proses verifikasi.

Sementara itu, pada penelitian Faridah & Marlina (2025) menunjukkan bahwa jawaban tertulis dapat mengungkap kemampuan dan kesulitannya pada berbagai tahapan penalaran seperti mengubah bentuk pangkat, menyusun justifikasi, menarik kesimpulan, dan memverifikasi validitas argumen. Dengan demikian, analisis terhadap pola dan urutan jawaban tertulis memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai proses berpikir dan keragaman performa siswa dibandingkan dengan penilaian yang hanya didasarkan pada jawaban akhir.



Perbedaan strategi dan kesalahan ini dapat dikaji dengan mempertimbangkan kategori performa akademik siswa. Kategori performa tinggi, sedang, dan rendah digunakan bukan untuk memberikan label tetap mengenai kemampuan, melainkan sebagai dasar untuk membandingkan karakteristik hasil jawaban siswa pada berbagai tingkat pencapaian penilaian. Penelitian terhadap data akademik menunjukkan bahwa siswa dalam kelompok belajar yang sama dapat menunjukkan pola pencapaian yang beragam serta karakteristik performa yang khas (Fitrianah et al., 2023). Pengelompokan berdasarkan karakteristik performa juga telah diterapkan untuk memperoleh pemahaman yang lebih spesifik mengenai perbedaan kemampuan siswa, dibandingkan hanya mengandalkan nilai akhir (Pahlevi Kurniawan, 2023). Dengan membandingkan jawaban siswa dari kategori performa yang berbeda, analisis ini tidak hanya dapat mengungkap jenis kesalahan yang dilakukan tetapi juga mengidentifikasi kecenderungan strategi dan tahapan kesalahan yang membedakan setiap kategori.

Penerapan komputasi dalam penelitian bidang pendidikan dapat mendorong pendekatan yang lebih terorganisasi terhadap pemrosesan data dan investigasi. *Python* dapat digunakan untuk menyusun dan mengelola data, melakukan analisis statistik, mengurutkan data, serta menggambarkan tren yang muncul dari temuan penelitian. Teknik-teknik komputasi ini telah dimanfaatkan untuk menganalisis dan mengkategorikan hasil ujian siswa, sehingga memungkinkan identifikasi pemahaman siswa secara lebih jelas (Muzaddidah et al., 2026). Selain itu, *python* menampilkan hasil analisis melalui visualisasi yang memudahkan dalam memahami informasi yang kompleks (Balovsyak et al., 2023). *Google colab* mendukung proses ini melalui notebook interaktif yang memdaukan teks deskriptif, skrip *python*, perintah analisis dan grafik dalam satu lingkungan berbasis cloud (Refianti et al., 2024). Dengan demikian, seluruh tahapan pengolahan data dan hasil analisis dapat didokumentasikan secara sistematis dan terintegrasi. Akan tetapi, dalam konteks penelitian kualitatif perangkat komputasi seringkali digunakan untuk mendukung pengorganisasian, pemrosesan, dan penyajian data, sementara tugas menafsirkan metodologi serta kesalahan siswa tetap menjadi tanggung jawab peneliti yang mengandalkan jawaban tertulis dan kerangka analisis yang telah ditetapkan.

Berdasarkan rujukan tersebut, penelitian ini penting untuk dilakukan karena mengevaluasi hasil penilaian hanya dengan melihat skor atau hasil akhir tidak memberikan pemahaman menyeluruh mengenai teknik yang digunakan maupun sumber kesalahan siswa saat menyelesaikan masalah terkait bilangan berpangkat dan bentuk akar. Menelaah jawaban tertulis memungkinkan identifikasi komprehensif terhadap pendekatan pemecahan masalah, termasuk membedakan antara kesalahan konseptual, prosedural, dan komputasional, serta variasi strategi pada berbagai tingkat kemahiran siswa. Pemilihan jawaban dari soal-soal yang memerlukan langkah penyelesaian bertahap memungkinkan untuk mengumpulkan kasus-kasus dengan beragam informasi yang memperjelas karakteristik solusi siswa. Selain itu, *python* dan *google colab* digunakan untuk mengelola data, membuat representasi visual mendukung pemeriksaan yang lebih terstruktur tanpa menggantikan analisis kualitatif terhadap jawaban siswa. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan diagnostik yang lebih mendalam mengenai proses pemecahan masalah siswa serta menjadi landasan bagi pengembangan strategi pembelajaran matematika di masa mendatang.



METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tiga tujuan penelitian mencakup strategi apa yang digunakan peserta didik dalam menyelesaikan masalah yang melibatkan bilangan berpangkat dan akar, kategori kesalahan konseptual, prosedural, dan komputasional apa saja yang muncul dalam pendekatan pemecahan masalah siswa dan bagaimana karakteristik metode dan kesalahan siswa dapat dideskripsikan dalam kaitannya dengan berbagai tingkat keberhasilan siswa. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menjelaskan metode penyelesaian dan mengidentifikasi kesalahan siswa berdasarkan proses yang terlihat dalam jawaban tertulis. Pendekatan kualitatif deskriptif dipilih karena pendekatan ini memungkinkan pemeriksaan langsung dan mendalam terhadap jawaban tertulis siswa dengan tetap mempertahankan karakteristik dan makna dari data tersebut (Hall & Liebenberg, 2024). Subjek penelitian terdiri dari 80 siswa kelas sembilan yang mengikuti penilaian sumatif matematika mengenai materi bilangan berpangkat dan bentuk akar, yang mencakup 10 butir soal berdasarkan data hasil asesmen sumatif. Kisi-kisi terkait instrumen dari 10 butir soal disusun ke dalam tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi Instrumen 10 Butir Soal

No	Indikator soal	Kemampuan yang diukur	Level kognitif
1	Siswa mampu menyederhanakan bentuk aljabar dari bilangan berpangkat	Menerapkan sifat-sifat bilangan berpangkat dalam penyederhanaan bentuk aljabar	C3
2	Siswa dapat menentukan luas taman jika diketahui panjang dan lebarnya dalam bentuk eskonponen	Menggunakan operasi matematika yang melibatkan bilangan berpangkat untuk menghitung luas	C3
3	Siswa dapat menghitung jumlah kelinci setelah selang waktu yang ditentukan dengan pola pertumbuhan yang melipatgandakan jumlah semula	Memanfaatkan konsep pertumbuhan bilangan berpangkat	C3
4	Siswa dapat menghitung durasi waktu yang diperlukan populasi kelinci untuk mencapai kondisi tertentu	Menganalisis pertumbuhan bilangan berpangkat dan menentukan rentang waktu yang memenuhi kriteria tertentu	C4
5	Siswa mampu menyederhanakan dan melakukan operasi pada bentuk akar	Menerapkan prinsip-prinsip penyederhanaan dan operasi pada bentuk akar	C3
6	Siswa dapat menentukan nilai suatu bilangan yang memiliki bilangan berpangkat pecahan	Mengaitkan konsep bilangan berpangkat pecahan dengan bentuk akar serta menentukan nilainya	C3
7	Siswa dapat menghitung dimensi suatu objek setelah ukurannya diperbesar dan diketahui ukuran awal dalam notasi ilmiah	Melakukan operasi perkalian yang melibatkan bilangan berpangkat dan notasi ilmiah dalam situasi praktis	C3
8	Siswa dapat menentukan jumlah bakteri setelah mengalami penggandaan seiring berjalannya waktu	Menerapkan konsep pertumbuhan eskonponensial dalam konteks yang relevan	C3
9	Siswa dapat menghitung hasil perkalian dan pembagian yang melibatkan bentuk akar	Menggunakan prinsip-prinsip operasi yang melibatkan bentuk akar	C3



10	Siswa dapat melakukan perkalian yang melibatkan bentuk akar dan bentuk aljabar	Menggunakan sifat distributif dan operasi terkait bentuk akar untuk memperoleh hasil yang lebih sederhana	C3
----	--	---	----

Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Skor penilaian digunakan untuk mendeskripsikan performa siswa dan mengategorikannya ke dalam tingkat rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan kriteria yang ditetapkan menggunakan nilai rata-rata simpangan baku skor kelompok. Siswa dengan skor $X < M - SD$ dikategorikan sebagai performa rendah, siswa dengan $M - SD \leq X \leq M + SD$ sebagai performa sedang, dan siswa dengan $X > M + SD$ sebagai performa tinggi. Kategori ini digunakan sebagai kerangka perbandingan jawaban dan tidak dimaksudkan sebagai klasifikasi kemampuan siswa yang bersifat tetap. Karakteristik setiap butir soal kemudian dianalisis secara deskriptif menggunakan skor rata-rata dan persentase pencapaian. Berdasarkan analisis tersebut dan pemeriksaan karakteristik jawaban yang memungkinkan penelusuran strategi dan kesalahan melalui langkah-langkah tertulis butir soal nomor 5, 7, dan 10 dipilih sebagai fokus analisis.

Soal Q5, Q7, dan Q10 dipilih untuk dianalisis secara kualitatif berdasarkan variasi skor siswa dan karakteristik proses penyelesaiannya. Variasi skor pada ketiga soal memungkinkan perbandingan proses pemecahan masalah antar siswa dengan tingkat performa yang berbeda. Selain itu, sebagian besar jawaban siswa memuat langkah-langkah penyelesaian tertulis yang dapat dianalisis untuk mengidentifikasi strategi dan kesalahan pada karakteristik operasi matematika yang berbeda, yaitu operasi bentuk akar pada Q5, mengubah bentuk bilangan berpangkat dan notasi ilmiah pada Q7, serta operasi aljabar yang melibatkan bentuk akar pada Q10.

Dari ketiga butir tersebut, sembilan jawaban siswa dipilih secara purposif, yaitu masing-masing satu jawaban tertulis dari kategori performa rendah, sedang, dan tinggi. Jawaban dipilih berdasarkan kelengkapan langkah-langkah penyelesaian serta kekayaan informasi yang memungkinkan identifikasi strategi pemecahan masalah dan jenis kesalahan siswa. Pemilihan ini merupakan teknik pengambilan sampel purposif yang berbasis kriteria dan bertingkat, di mana kasus-kasus dipilih karena relevansinya dengan tujuan penelitian serta potensinya dalam memberikan informasi yang beragam (Bouncken et al., 2026). Jawaban tertulis tersebut digunakan untuk analisis mendalam dan tidak dimaksudkan untuk mempresentasikan secara statistik seluruh siswa pada masing-masing kategori performa.

Analisis mencakup analisis setiap langkah penyelesaian, identifikasi strategi, dan klasifikasi kesalahan ke dalam kesalahan konseptual (KC), kesalahan prosedural (KP), dan kesalahan komputasional (KK). Pembedaan jenis kesalahan ini didasarkan pada hubungan antara pengetahuan konseptual dan prosedural yang dapat diimplementasikan secara berbeda saat proses pemecahan masalah matematika. Klasifikasi kesalahan konseptual, prosedural, dan komputasional mencerminkan berbagai bentuk pengetahuan dan pelaksanaan yang terlibat dalam pemecahan masalah matematika. Kesalahan konseptual muncul akibat pemahaman yang keliru mengenai gagasan atau hubungan matematis yaitu kesalahan prosedural yang melibatkan langkah-langkah penyelesaian yang tidak tepat atau tidak lengkap sedangkan kesalahan komputasional terjadi selama operasi aritmetika atau simbolik, sekalipun konsep atau prosedurnya sudah tepat (Dorner et al., 2026a).



Strategi penyelesaian siswa dianalisis menggunakan analisis kualitatif induktif. Setiap jawaban tertulis dianalisis dan diperiksa berdasarkan urutan langkah penyelesaian, operasi matematika, mengubah bentuk pangkat, dan jawaban akhir. Pola penyelesaian yang serupa dibandingkan dan dikelompokkan ke dalam kategori strategi deskriptif. Proses induktif ini menghasilkan tiga kategori meliputi S1 menyederhanakan ekspresi pangkat dan akar sebelum melakukan operasi, S2 menerapkan operasi langsung atau prosedur distributif pada ekspresi pangkat dan akar yang diberikan dan S3 mengkonversi antara bentuk ekspresi perpangkatan dan akar sebelum melanjutkan penyelesaian. Oleh karena itu, kategori tersebut ditemukan dari pola yang berulang dalam jawaban siswa, bukan dipaksakan sebelum penelitian dilakukan (Lyhne et al., 2025). *Python* dan *google colab* hanya sebagai alat yang dipakai untuk mengelola data, menghitung statistik deskriptif dan frekuensi hasil pengkodean, serta membuat grafik, sedangkan pengidentifikasian strategi, pengelompokan kesalahan, dan analisis matematis dilakukan secara kualitatif berdasarkan jawaban yang diberikan oleh siswa. Dengan demikian, perhitungan numerik berperan sebagai tambahan data untuk pemetaan dan pengorganisasian data, sementara fokus utama penelitian masih pada deskripsi serta interpretasi kualitatif mengenai proses penyelesaian yang dilakukan oleh siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Performa Siswa

Penilaian awal dilakukan terhadap skor asesmen yang mencakup materi bilangan berpangkat dan bentuk akar. Penelitian melibatkan 80 siswa yang mengikuti asesmen sumatif pada materi bilangan berpangkat dan bentuk akar. Seluruh 80 jawaban siswa digunakan dalam analisis skor keseluruhan menyerahkan jawaban yang dapat dianalisis, sedangkan 20 siswa tidak membeberikan jawaban sama sekali. Oleh karena itu, perhitungan nilai rata-rata, simpangan baku, dan klasifikasi performa didasarkan hanya pada 80 jawaban yang valid guna menghindari anggapan bahwa data yang tidak tersedia merupakan indikator performa yang buruk. Skor keseluruhan menunjukkan nilai rata-rata sebesar 60,99 dan simpangan baku sebesar 23,86. Nilai rata-rata mewakili titik tengah distribusi skor sedangkan simpangan baku menunjukkan tingkat fluktuasi skor terhadap nilai rata-rata kelompok (Viet et al., 2024). Pada ambang batas kategorisasi menggunakan rumus standar deviasi yang menghasilkan batas minimum sebesar 37,13 dan batas maksimum sebesar 84,85.

Tabel 2. Distribusi Kategori Performa Siswa

Kategori	Kriteria	Rentang Skor Aktual	Frekuensi	Persentase
Rendah	$X < 37,13$	10-35	16	20,00%
Sedang	$37.13 \leq X \leq 84,85$	38-84	49	61,25
Tinggi	$X > 84,85$	85-100	15	18,75%

Tabel 2 menunjukkan bahwa sejumlah besar siswa termasuk dalam kategori sedang, yakni 61,25% atau sebanyak 49 orang. Sementara itu, sebanyak 16 siswa atau 20,00% berada pada kategori rendah, sedangkan 15 siswa atau 18,75% termasuk dalam kategori tinggi. Dominasi kategori sedang menunjukkan bahwa sebagian besar skor siswa berada di sekitar nilai rata-rata, sedangkan skor siswa pada kategori rendah dan tinggi berada lebih jauh dari nilai rata-rata tersebut. Dalam penelitian ini,



pengelompokan tersebut tidak dimaksudkan sebagai ukuran baku kemampuan siswa, melainkan sebagai dasar untuk menganalisis perbedaan strategi pemecahan masalah pada berbagai tingkat performa akademik. Pengelompokan ini sejalan dengan prinsip standardisasi skor, yaitu penentuan posisi relatif skor siswa berdasarkan jaraknya dari nilai rata-rata yang dinyatakan dalam satuan simpangan baku (Kandemir et al., 2024).

Tabel 3. Statistik deskriptif Q5, Q7, Q10

Soal	Responden	Skor maksimum	Rata-rata	Simpangan baku	Rentang skor
Q5	80	12	4,40	4,15	0-12
Q7	80	12	3,48	4,23	0-12
Q10	78	7	4,01	2,54	0-7

Soal 7 menunjukkan tingkat keberhasilan terendah sebesar 28,96%, dan soal 5 dengan tingkat keberhasilan 36,67%. Temuan ini mengindikasikan bahwa kedua soal tersebut tergolong sangat sulit bagi siswa. Soal nomor 10 mencapai tingkat keberhasilan tertinggi sebesar 57,33%, namun jawaban yang diberikan sangat bervariasi, mulai dari 0 hingga skor maksimum 7. Nilai simpangan baku yang relatif tinggi pada soal nomor 5 dan 7 menjelaskan adanya variasi skor yang cukup besar. Oleh karena itu, pemilihan soal 5, 7, dan 10 tidak hanya didasarkan pada rendahnya nilai rata-rata, tetapi juga pada keragaman skor serta adanya langkah-langkah pengerjaan tertulis yang memungkinkan identifikasi strategi maupun titik-titik terjadinya kesalahan.

Tabel 4. Hasil Pengkodean Sembilan Jawaban Tertulis

Soal	Siswa	Kategori jawaban	Skor butir	Strategi	Kesalahan	Karakteristik Hasil Jawaban
Q5	JR	Rendah	2	S1	KC, KP	Menyederhanakan bentuk akar dahulu tetapi perubahan bentuk yang tidak ekuivalen sehingga prosedur berikutnya menghasilkan jawaban salah
Q5	JS	Sedang	5	S1	KC, KP	Menyederhanakan akar sebelum melakukan operasi adalah langkah penting, tetapi masih belum konsisten dalam mengubah bentuk akar dan mengolah koefisien.
Q5	RA	Tinggi	7	S1	-	Menyederhanakan bentuk akar dan melakukan operasi secara sistematis hingga memperoleh bentuk yang ekuivalen, meskipun belum disederhanakan sepenuhnya.
Q7	IN	Rendah	1	S3	KP	Mengubah kaedah pemangkatan dengan cara yang benar tetapi penyelesaian tidak lengkap, jawaban ini dikategorikan sebagai kesalahan prosedural
Q7	KE	Sedang	1	S3	KK	Memahami perubahan pangkat negatif menjadi pecahan, tetapi salah menghitung nilai pecahan sehingga hasil berikutnya tidak tepat.



Q7	JO	Tinggi	12	S3	-	Mengubah pangkat negatif menjadi bentuk setara, lalu melakukan pengiraan secara tersusun sampai mendapat jawaban yang tepat
Q10	AL	Rendah	1	S2	KC, KP	Menghitung operasi yang tidak bersesuaian dengan koefisien dan akar yang menerapkan sifat-sifat yang tidak valid terhadap koefisien dan bentuk akar. Sehingga menghasilkan prosedur dan konsep yang salah
Q10	GA	Sedang	3	S1	KC, KP, KK	Melakukan penyederhaan pada langkah awal yang sesuai tetapi melakukan kesalahan pada penggabungan suku dan operasi pembagian
Q10	WI	Tinggi	7	S1	-	Menyederhanakan bentuk akar dan menerapkan operasi aljabar yang sesuai dan konsisten dan menghasilkan jawaban yang tepat

Tabel 4 menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan oleh para siswa berbeda-beda bergantung pada karakteristik soal. Pada soal nomor 5, setiap siswa menggunakan metode S1 yaitu memprioritaskan penyederhanaan bentuk akar di awal meskipun siswa dengan tingkat kemampuan rendah dan sedang tetap melakukan kesalahan yang bersifat konseptual maupun prosedural. Pada soal nomor 7, seluruh siswa memilih metode S3, yakni mengubah bentuk bilangan berpangkat terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan siswa dengan kemampuan rendah menunjukkan ketiga kategori kesalahan tersebut, sedangkan siswa dengan kemampuan sedang mengalami kesalahan prosedural dan perhitungan. Pada soal nomor 10, siswa dengan kemampuan rendah menggunakan metode S2 namun melakukan kesalahan dalam pemahaman konsep, prosedur, dan perhitungan, sementara siswa yang dikategorikan memiliki kemampuan sedang dan tinggi menerapkan metode S1. Secara keseluruhan, siswa dengan tingkat kemampuan tinggi menerapkan strategi secara lebih akurat dan konsisten.

2. Tabel Kategori Strategi

Tabel 5. Distribusi Kategori Performa Siswa

Kode	Kriteria	Rentang Skor Aktual
S1	Pendekatan penyederhanaan bentuk akar	Pada awalnya, pembelajar berfokus pada bentuk akar kemudian melakukan operasi pada bentuk tersebut.
S2	Strategi operasional atau distribusi langsung	Siswa langsung melakukan operasi dengan menerapkan sifat distributif tanpa mengubah format representasi utamanya terlebih dahulu.
S3	Strategi konversi bilangan berpangkat dan bentuk akar	Peserta didik mengubah bentuk bilangan berpangkat menjadi bentuk akar, atau sebaliknya, sebelum melanjutkan ke langkah-langkah penyelesaian masalah.

Proses pengodean dimulai dengan tinjauan menyeluruh terhadap jawaban tertulis siswa untuk mengidentifikasi elemen-elemen penting dalam langkah-langkah pemecahan masalah mereka. Kode awal dibuat untuk berbagai tindakan, seperti penyederhanaan bentuk akar, pelaksanaan perhitungan langsung atau distributif, serta



pengubahan bentuk bilangan berpangkat menjadi bentuk akar. Kode-kode yang memiliki karakteristik prosedural serupa dianalisis dan digabungkan ke dalam tiga kategori yang diberi label S1, S2, dan S3. Selanjutnya, setiap jawaban diperiksa secara cermat untuk menentukan klasifikasi strategi, urutan tindakan yang diambil, metode matematika yang digunakan, jenis serta letak kesalahan, dan hasil akhir jawaban. Analisis dilakukan pada setiap kategori kemampuan siswa, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, serta antarkategori untuk mengidentifikasi pola yang berulang, perbedaan pola, dan karakteristik khusus pada masing-masing kategori (Nicmanis, 2024).

3. Analisis Jawaban Tertulis Siswa Pada Soal Q5

$$\begin{aligned}
 & 8\sqrt{20} \div 4\sqrt{12} \times 6\sqrt{28} \\
 & 8\sqrt{5 \times 4} \div 4\sqrt{12} \times 6\sqrt{28} \\
 & 8 \times \sqrt{4} \div 4\sqrt{12} \times 6\sqrt{28} \\
 & 40\sqrt{4} \div 4\sqrt{12} \times 6\sqrt{28} \\
 & 40\sqrt{4} \div 4\sqrt{12} \times 6 \\
 & 40\sqrt{4} \div \sqrt{3} \times 6 \\
 & 40\sqrt{4} \div \sqrt{2} \\
 & 40\sqrt{9}
 \end{aligned}$$

Gambar 1. Jawaban Tertulis Siswa JR Kategori Rendah Pada Soal Q5

Jawaban siswa JR menunjukkan adanya penyederhanaan bilangan bentuk akar sebelum melanjutkan ke operasi berikutnya. Hal tersebut menunjukkan adanya pemahaman awal bahwa bentuk akar perlu disederhanakan agar operasi dapat dilakukan dengan lebih mudah. Namun, perubahan bentuk yang dilakukan belum sepenuhnya menghasilkan bentuk yang ekuivalen secara matematis dengan bentuk awal. Kesalahan selanjutnya terdapat pada proses operasi bentuk akar sehingga hasil akhir tidak sesuai dengan bentuk yang seharusnya. Pola tersebut dapat dikategorikan sebagai kesalahan konseptual dan prosedural, karena siswa tidak hanya mengalami kekeliruan perhitungan, tetapi juga belum menerapkan sifat bentuk akar secara konsisten. Temuan ini sejalan dengan (Algi et al., 2025) yang menunjukkan bahwa kesalahan siswa pada materi bilangan berpangkat dapat berkaitan dengan pemahaman terhadap konsep dan penerapan sifat matematika.

$$\begin{aligned}
 & 8\sqrt{20} \div 4\sqrt{12} \times 6\sqrt{28} \\
 & = 8\sqrt{4 \cdot 5} \div 4\sqrt{4 \cdot 3} \times 6\sqrt{4 \cdot 7} \\
 & = 8 \cdot 2\sqrt{5} \div 4 \cdot 2\sqrt{3} \times 6 \cdot 2\sqrt{7} \\
 & = 16\sqrt{5} \div 8\sqrt{3} \times 12\sqrt{7} \\
 & = 24\sqrt{7}
 \end{aligned}$$

Gambar 2. Jawaban Tertulis Siswa JS Kategori Sedang Pada Soal Q5

Jawaban siswa JS menunjukkan adanya upaya untuk menguraikan bentuk soal dan menyederhanakan bilangan di dalam akar. Akan tetapi, hasil penyederhanaan tersebut belum diaplikasikan secara tepat saat melanjutkan operasi hitung. Dengan demikian, siswa JS telah menunjukkan strategi awal yang relevan, tetapi belum mampu mengintegrasikan strategi tersebut dengan prosedur operasi berikutnya. Pola

ini menunjukkan bahwa siswa tidak sepenuhnya tidak memahami materi, melainkan memiliki pemahaman yang masih parsial. Kesalahan terjadi ketika pengetahuan mengenai penyederhanaan bentuk akar harus dihubungkan dengan operasi perkalian dan pembagian. Kondisi tersebut mendukung temuan (Putriana et al., 2023) bahwa kesalahan pada penyelesaian materi yang melibatkan bentuk akar dapat muncul dalam bentuk kesalahan konseptual maupun prosedural yang saling berkaitan.

$$\begin{aligned}
 & 8\sqrt{20} \div 4\sqrt{12} \times 6\sqrt{28} \\
 &= \frac{8\sqrt{4 \times 5}}{2\sqrt{4 \times 3}} \times 6\sqrt{4 \times 7} \\
 &= \frac{4\sqrt{5}}{\sqrt{3}} \times 2\sqrt{3} \times 12\sqrt{7} \\
 &= 2\sqrt{5} \times 12\sqrt{7} \\
 &= 24\sqrt{35}
 \end{aligned}$$

Gambar 3. Jawaban Tertulis Siswa RA Kategori Tinggi Pada Soal Q5

Jawaban Siswa RA memperlihatkan strategi penyelesaian yang lebih ringkas dan terstruktur. Siswa terlebih dahulu menyederhanakan bentuk akar, kemudian melanjutkan operasi pembagian dan perkalian hingga memperoleh bentuk $\frac{24\sqrt{35}}{\sqrt{3}}$.

Bentuk tersebut secara matematis ekuivalen dengan $8\sqrt{105}$, sehingga langkah yang dilakukan menunjukkan bahwa siswa telah mampu menghubungkan beberapa prosedur dalam satu rangkaian penyelesaian. Strategi yang digunakan juga menunjukkan adanya kemampuan untuk menyederhanakan persoalan sebelum melakukan operasi lanjutan. Temuan tersebut dapat dikaitkan dengan Kharis dan Zili (2022) yang menjelaskan bahwa analisis data pembelajaran dapat membantu mengidentifikasi pola kemampuan dan tingkat penguasaan materi siswa.

4. Analisis Jawaban Tertulis Siswa Pada Soal Q7

$$\begin{aligned}
 & 5 \times 10^{-5} = 5 \times \frac{1}{10^5} \\
 &= \frac{5}{10^5}
 \end{aligned}$$

Gambar 4. Jawaban Tertulis Siswa IN Kategori Rendah Pada Soal Q7

Siswa IN mengubah bentuk ekspresi bilangan berpangkat negatif 5×10^{-5} menjadi $\frac{5}{10^5}$ selanjutnya diubah kembali menjadi $\frac{5}{10^5}$. Langkah tersebut merupakan strategi yang tepat untuk mengubah pangkat negatif menjadi bentuk pecahan. Namun, siswa tersebut tidak menunjukkan proses lanjutan untuk menyelesaikan bentuk tersebut sesuai dengan tuntutan soal. Dengan demikian, jawaban ini menunjukkan pemahaman konsep awal yang sudah benar tetapi prosedur penyelesaian belum lengkap. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa siswa sebenarnya telah menguasai salah satu sifat-sifat bilangan berpangkat, tetapi belum mampu mengembangkan sifat-sifat tersebut menjadi penyelesaian yang lengkap. Perbedaan penguasaan seperti ini dapat muncul pada siswa dengan tingkat performa akademik yang berbeda, karena kemampuan matematika tidak hanya berkaitan

dengan pengenalan konsep, tetapi juga penerapannya dalam penyelesaian masalah (Nugroho et al., 2023).

7. $P = 5 \times 10^{-5} \text{ cm}$
 Panjang serbuk dgn pembesaran
 2000 kali = ?
 $\text{Jaw} = P = 5 \times 10^{-5} \text{ cm}$
 $= 5 \times \frac{1}{10^5} \text{ cm}$
 $= \frac{5}{10^5} = \frac{5}{100000} \text{ cm}$
 $= 20000 \text{ cm}$
 $P \times 2000 = 20000 \times 2000$
 $= 40.000.000 \text{ cm}$

Gambar 5. Jawaban Tertulis Siswa KE Kategori Sedang Pada Soal Q7

Jawaban siswa KE menunjukkan pemahaman konsep yang cukup baik dalam menyelesaikan soal. Siswa menuliskan $10^{-5} = \frac{1}{10^5}$ kemudian mengubah bentuk tersebut menjadi $\frac{5}{100000}$. Langkah ini menunjukkan bahwa siswa telah memahami sifat-sifat dasar pangkat negatif dengan tepat. Namun, pada tahap berikutnya siswa memperoleh nilai 20.000 cm dari $\frac{5}{100000}$ yang menunjukkan adanya kesalahan dalam melakukan perhitungan nilai pecahan. Kesalahan tersebut kemudian menyebabkan hasil akhir menjadi sangat besar dan tidak sesuai dengan nilai sebenarnya. Dengan demikian, jawaban pada dikategorikan sebagai kesalahan komputasional karena konsep dasar yang digunakan sudah benar tetapi perhitungan numeriknya tidak tepat. Temuan ini menunjukkan bahwa penguasaan konsep matematika perlu disertai kemampuan melakukan operasi numerik secara akurat agar strategi penyelesaian dapat menghasilkan jawaban yang benar. Hal tersebut sejalan dengan (Syarnubi, 2024) yang menunjukkan bahwa penguasaan pengetahuan matematika dapat memiliki karakteristik yang berbeda antarsiswa berdasarkan tingkat performanya.

$(5 \times 10^{-5}) \times 2000$
 $= (5 \times \frac{1}{10^5}) \times 2000$
 $= \frac{5}{100000} \times 2000$
 $= \frac{10000}{100000}$
 $= \frac{1}{10}$
 $= 0.1 \text{ cm}$

Gambar 6. Jawaban Tertulis Siswa JO Kategori Tinggi Pada Soal Q7

Jawaban siswa JO menunjukkan penerapan rencana S1 dengan mengubah bentuk bilangan berpangkat negatif menjadi pecahan atau desimal yang setara sebelum melakukan perhitungan. Siswa tersebut mempertahankan keterkaitan konsep tersebut dan menggunakan bentuk yang telah diubah itu pada tahap-tahap selanjutnya. Proses pengerjaan dilakukan secara bertahap hingga diperoleh jawaban yang tepat, sehingga memungkinkan siswa tersebut meraih skor maksimal 12 poin. Jawaban ini tidak dikategorikan sebagai KC, KP, maupun KK karena konsep

bilangan berpangkat negatif diterapkan dengan benar, proses pengerjaannya sistematis, dan hasil perhitungannya akurat. Jawaban berkategori tinggi ini menunjukkan perpaduan antara pemahaman konseptual, pemilihan prosedur, dan ketepatan perhitungan.

5. Analisis Jawaban Tertulis Siswa Pada Soal Q10

$$10.3\sqrt{5}(\sqrt{5}-4\sqrt{2})$$

$$= 3\sqrt{5} + 4\sqrt{5}$$

$$= \sqrt{5} - \sqrt{2} = \sqrt{3} = \sqrt{5} + \sqrt{3} = 7\sqrt{8} \text{ atau } 3\sqrt{2}$$

Gambar 7. Jawaban Tertulis Siswa AL Kategori Rendah Pada Soal Q10

Jawaban siswa AL menunjukkan langkah penyelesaian bentuk $3\sqrt{5}(\sqrt{5} - 4\sqrt{2})$ tetapi melakukan kesalahan dengan menjumlahkan koefisien $3 + 4 = 7$ dan menganggap $\sqrt{5} - \sqrt{2} = \sqrt{3}$. Kesalahan tersebut menunjukkan bahwa siswa belum memahami sifat-sifat operasi pada bentuk akar, khususnya pada bentuk $\sqrt{5} - \sqrt{2}$ tidak dapat disederhanakan menjadi $\sqrt{3}$ serta operasi perkalian distributif perlu diterapkan terhadap setiap suku dalam kurung. Dengan demikian, jawaban pada Gambar 7 menunjukkan kesalahan konseptual dalam memahami operasi bentuk akar dan kesalahan prosedural dalam menerapkan sifat distributif. Kesalahan seperti ini menunjukkan bahwa siswa masih cenderung melakukan operasi terhadap bilangan di dalam bentuk akar secara langsung tanpa mempertimbangkan sifat matematis yang berlaku. Temuan tersebut sejalan dengan (Khotimah et al., 2024) yang menunjukkan bahwa pada materi bilangan berpangkat dan bentuk akar, siswa dapat mengalami kesalahan dalam memahami konsep serta menerapkan prosedur penyelesaian.

$$10 \quad 40\sqrt{5} : 2\sqrt{45} + \sqrt{5}$$

$$40\sqrt{5} : 2\sqrt{9 \times 5} + \sqrt{5}$$

$$40\sqrt{5} : 2 \times 3\sqrt{5} + \sqrt{5}$$

$$40\sqrt{5} : 6\sqrt{5} + \sqrt{5}$$

$$40 : 6 + \sqrt{5}$$

$$\frac{40}{6} + \sqrt{5}$$

$$= \frac{20}{3} + \sqrt{5}$$

$$= 20\sqrt{5}$$

$$40\sqrt{5} : 2(\sqrt{45} + \sqrt{5})$$

$$: 2 \times \sqrt{45}$$

$$= 2 \times \sqrt{9 \times 5} + \sqrt{5}$$

$$= \sqrt{9 \times 5} + \sqrt{5}$$

$$= 3\sqrt{10} + \sqrt{5}$$

$$40\sqrt{5} : 3\sqrt{10} + \sqrt{5}$$

$$= 40\sqrt{5} : 2\sqrt{45} + \sqrt{5}$$

$$= 40\sqrt{5} : 2 \times 3\sqrt{5} + \sqrt{5}$$

$$= 40\sqrt{5} : 6\sqrt{5} + 2\sqrt{5}$$

$$= 40 : 6 + \sqrt{5}$$

$$= \frac{20}{3} + \sqrt{5}$$

Gambar 8. Jawaban Tertulis Siswa GA Kategori Sedang Pada Soal Q10

Jawaban Siswa GA diawali dengan langkah penyederhanaan bentuk soal. Siswa GA menggunakan metode S1. Pada proses mengubah $\sqrt{45} = 3\sqrt{5}$. Tahap awal ini tepat dan menunjukkan kemampuan siswa dalam menemukan faktor kuadrat sempurna pada bentuk akar. Namun, saat mengerjakan $\frac{40\sqrt{5}}{6\sqrt{5} + \sqrt{5}}$ siswa tersebut tidak menyederhanakan penyebutnya dengan benar dan kemudian memperoleh hasil $\frac{20\sqrt{5}}{3}$. Jawaban tersebut dikategorikan memiliki kesalahan konseptual, prosedural, dan

komputasi. Pemahaman yang keliru mengenai cara menjumlahkan dan mengurangi suku-suku sejenis mencerminkan kesalahan konseptual. Siswa melakukan kesalahan prosedural karena gagal menyederhanakan $6\sqrt{5} + \sqrt{5}$, melakukan pembagian serta mengabaikan urutan operasi yang benar. Sementara itu, hasil numerik dan aljabar yang salah mencerminkan kesalahan komputasi. Kesalahan-kesalahan ini saling berkaitan meliputi kesalahpahaman konseptual memengaruhi teknik yang dipilih, dan prosedur yang keliru kemudian menghasilkan perhitungan yang salah. Interpretasi ini sejalan dengan temuan (Pratama & Azizah, 2025), yang menyatakan bahwa kesenjangan konseptual dan kegagalan proses dapat terjadi secara bersamaan dalam jawaban tertulis, terutama ketika siswa harus menggabungkan beberapa operasi berurutan dengan penyederhanaan aljabar.

$$\begin{array}{l}
 10 \quad 3\sqrt{5}(\sqrt{5} - 4\sqrt{2}) \\
 3\sqrt{5} \times \sqrt{5} - 4\sqrt{5} \times 3\sqrt{2} \\
 3\sqrt{5} \times 5 - 12\sqrt{10} \\
 15 - 12\sqrt{10}
 \end{array}$$

Gambar 9. Jawaban Tertulis Siswa WI Kategori Tinggi Pada Soal Q10

Jawaban siswa WI menunjukkan penerapan strategi S1 dengan menyederhanakan bentuk akar sebelum melakukan operasi aljabar. Siswa tersebut berhasil mengidentifikasi bentuk akar yang dapat disederhanakan, menggabungkan suku-suku akar yang sejenis dengan tepat, serta melakukan langkah-langkah operasi selanjutnya secara sistematis. Setiap mengubah bentuk pangkat tetap mempertahankan nilai yang sama hingga diperoleh jawaban akhir yang benar. Proses penyelesaian yang konsisten ini juga terlihat pada perolehan skor maksimum 7 untuk soal Q10. Tidak ditemukan kesalahan konseptual, prosedural, maupun komputasional dalam jawaban siswa WI. Secara konseptual, siswa memahami dengan benar sifat-sifat bentuk akar serta syarat-syarat agar suku-suku akar dapat disederhanakan atau digabungkan. Secara prosedural, siswa memilih urutan operasi yang tepat dan menjaga konsistensi di sepanjang langkah-langkah antara. Secara komputasional, operasi terhadap koefisien numerik dan suku-suku akar dilakukan dengan akurat. Temuan ini mendukung pendapat (Dorner et al., 2026b) yang menyatakan bahwa keberhasilan dalam tahapan prosedural memerlukan pengetahuan mengenai prosedur yang tepat serta keterampilan aritmetika atau aljabar untuk melakukan setiap langkah secara akurat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jawaban tertulis siswa memberikan informasi berharga mengenai pemahaman dan penerapan konsep matematika saat mereka menyelesaikan masalah yang melibatkan bilangan berpangkat dan bentuk akar. Meskipun siswa mungkin mengawali dengan strategi yang serupa, muncul perbedaan yang nyata dalam kemampuan mereka untuk mengubah bentuk ekspresi perpangkatan, menerapkan sifat-sifat bilangan berpangkat, menyusun langkah-langkah penyelesaian, dan melakukan perhitungan. Siswa dengan jawaban tertulis kategori rendah sering kali mengalami kesulitan pada tahap konseptual, yang

kemudian berdampak pada pendekatan serta hasil akhir mereka. Siswa dengan tingkat performa menengah biasanya menunjukkan pemahaman tertentu dan memilih strategi awal yang relevan, namun mengalami kesulitan dalam mengelola berbagai langkah penyelesaian secara efektif. Siswa dengan kategori tinggi umumnya menunjukkan penalaran yang lebih sistematis namun, penyajian akhir pada sebagian jawaban mereka terkadang kurang jelas.

Kesalahan yang ditemukan meliputi kesalahpahaman konsep, kesalahan prosedural, dan kesalahan perhitungan, di mana sering kali ditemukan berbagai jenis kesalahan dalam satu jawaban yang sama. Temuan ini mengisyaratkan bahwa jawaban yang salah dapat disebabkan oleh beberapa masalah mendasar dan tidak seharusnya dinilai hanya berdasarkan skor akhir. Oleh karena itu, pembelajaran matematika perlu lebih menekankan pada pemahaman proses penalaran siswa serta mendukung pengembangan wawasan konseptual, metode yang konsisten, dan perhitungan yang akurat. Sehingga, analisis terhadap jawaban tertulis memungkinkan guru dan peneliti memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai strategi dan hambatan yang dihadapi siswa dan tidak hanya berfokus pada hasil akhir semata.

DAFTAR PUSTAKA

- Algi, P., Oktaviana, D., & Firdaus, M. (2025). Identifikasi Kesalahan Konseptual dan Prosedural Siswa Ditinjau dari Gaya Kognitif pada Soal Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(4), 1560–1570. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v5i4.3076>
- Balovskyak, S., Derevyanchuk, O., Kravchenko, H., Ushenko, Y., & Hu, Z. (2023). Clustering Students According to their Academic Achievement Using Fuzzy Logic. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 15(6), 31–43. <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2023.06.03>
- Bouncken, R. B., Czakon, W., & Schmitt, F. (2026). Purposeful sampling and saturation in qualitative research methodologies: recommendations and review. *Review of Managerial Science*, 20(2), 579–615. <https://doi.org/10.1007/s11846-025-00881-2>
- Dorner, C., Ableitinger, C., & Krammer, G. (2026a). Revealing the nature of mathematical procedural knowledge by analysing students' deficiencies and errors. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 57(3), 413–434. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2445666>
- Dorner, C., Ableitinger, C., & Krammer, G. (2026b). Revealing the nature of mathematical procedural knowledge by analysing students' deficiencies and errors. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 57(3), 413–434. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2445666>
- Faridah, N., & Marlina, R. (2025). Exploring 11th-grade students' mathematical reasoning ability on sequences and series: A qualitative study. *Pi Radian: Journal of Mathematics Education*, 3(1), 17–32. <https://doi.org/10.63214/piradian.v3i1.pp17-32>
- Fitrianah, S., Amilia Safitri, L., Ibara Febriant Utomo, A., Khabibah Dzulkarnaen, R., Sa, K., & Rachma Wahyuni, P. K. (2023). PROFIL PRESTASI



AKADEMIK SISWA BIMBINGAN BELAJAR KELAS RENDAH DAN TINGGI PADA APLIKASI MOBILE LEARNING MATHEMATIC. In *Jurnal Kependidikan* (Vol. 8, Number 1).

- Hall, S., & Liebenberg, L. (2024). Qualitative Description as an Introductory Method to Qualitative Research for Master's-Level Students and Research Trainees. In *International Journal of Qualitative Methods* (Vol. 23). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/16094069241242264>
- Jiang, Y., Gong, T., Saldivia, L. E., Cayton-Hodges, G., & Agard, C. (2021). Using process data to understand problem-solving strategies and processes for drag-and-drop items in a large-scale mathematics assessment. *Large-Scale Assessments in Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40536-021-00095-4>
- Kairuddin Kairuddin, Fithrah Amalia Sirait, Devita Syahputri, Dinda Rizky, Nabila Nasution, Syeila Fatiha, & Siti Aisyah Lubis. (2025). Analisis Hambatan dan Kesulitan Belajar Siswa Kelas X MAN 3 MEDAN dalam Materi Eksponen dan Logaritma. *JURNAL RISET RUMPUN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM*, 4(2), 385–398. <https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v4i2.7062>
- Kandemir, M. A., Eryilmaz, N., & Shelley, M. (2024). A study of factors and their influence on mathematics-related beliefs and performance in Turkey. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1376521>
- Khotimah, H., Sa'dijah, C., Rofiki, I., & Latifah, E. R. A. (2024). Proses Berpikir Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar Berdasarkan Teori Pemrosesan Informasi. *MATHEdunesa*, 13(2), 499–513. <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v13n2.p499-513>
- Lyhne, C. N., Thisted, J., & Bjerrum, M. (2025). Qualitative content analysis—framing the analytical process of inductive content analysis to develop a sound study design. *Quality and Quantity*, 59(6), 5329–5349. <https://doi.org/10.1007/s11135-025-02220-9>
- Mario, S., Dwi, I., Demu, P., Gracia, M., & Gawa, M. (2025). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Bilangan Berpangkat Dan Bentuk Akar. *Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah*, 5(4). <https://jurnalp4i.com/index.php/secondary>
- Muzaddidah, C., Hermawan, A., Avianto, D., Informasi, M. T., & Pascasarjana, F. (2026). *Analisis Pengelompokan Tingkat Pemahaman Materi Siswa Berdasarkan Nilai Ujian Menggunakan Algoritma K-Means* (Vol. 2026, Number 2). <https://jurnal.unity-academy.sch.id/index.php/jirsi/index>
- Nicmanis, M. (2024). Reflexive Content Analysis: An Approach to Qualitative Data Analysis, Reduction, and Description. *International Journal of Qualitative Methods*, 23. <https://doi.org/10.1177/16094069241236603>
- Nugroho, D. R., Idris, N., Kurniawan, K., Fitriana, D., Irwansyah, E., & Kusuma, G. P. (2023). Logistic Regression and Random Forest Comparison in Predicting Students' Qualification Based on Students' Half-Semester Performance. *2023 11th International Conference on Information and Communication Technology*,



ICoICT 2023, 2023-August, 214–219.
<https://doi.org/10.1109/ICoICT58202.2023.10262783>

- Nurkamilah, P., Ekasatya Aldila Afriansyah, dan, Studi Pendidikan Matematika, P., Bina Insan Qur, S., Jalan Raya Bandrek, ani, Garut, K., & Barat, J. (2021). *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika Analisis Miskonsepsi Siswa pada Bilangan Berpangkat*. 10(1).
<http://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/mosharafa>
- OECD Regional Outlook 2023. (2023). OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/92cd40a0-en>
- Pahlevi Kurniawan, R. (2023). 3rd Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI) 30 Agustus 2023-Jakarta. 2(2).
- Park, H. J., Lee, D., & Park, H. (2023). Understanding students' problem-solving patterns: Evidence from an allotted response time in a PISA 2012 item. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1050435>
- Pratama, D., & Azizah, N. (2025). Analyzing conceptual and procedural errors in solving routine problems on gradients and straight-line equation among prospective mathematics teachers. *Journal of Didactic Mathematics*, 6(2).
<https://doi.org/10.34007/jdm.v6i2.2722>
- Putriana, D., Harun, L., Esty Utami, R., & Matematika Universitas PGRI Semarang, P. (2023). *Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Tahapan Kastolan dalam Menyelesaikan Soal Materi Perpangkatan dan Bentuk Akar Ditinjau dari Gaya Kognitif Implusif*. 5(5), 321–327.
- Refianti, R., Mutiara, A. B., & Ariyanto, A. S. (2024). Data Visualization of Climate Patterns in Indonesia Using Python and Looker Studio Dashboard: A Visual Data Mining Approach. *Journal of Applied Data Sciences*, 5(4), 2054–2066.
<https://doi.org/10.47738/jads.v5i4.420>
- Syarnubi, E. A. , P. S. , Z. A. B. , A. M. & R. (2024). An analysis of student errors in solving HOTS mathematics problems based on the Newman procedure. *AIP Conference Proceedings*, 3058(1).
- Uchechi, I., Ogbonna, E. &, & Iheonu, C. (2025). Error Analysis as Predictor of Senior Secondary School Students' Academic Achievement in Mathematics. *AJSTME*, (11).
- Utami, N. , A. L. , & M. M. (2026). Written Mathematical Communication Profiles: Symbolic, Visual, and Metacognitive Features in Inclusion–Exclusion Problem Solvin. *Jurnal Pendidikan Indonesia (JUPITEK)*, 9(1), 1–15.
- Viet, L., Triet, M., Loc, N. P., Nguyen, N., & Ngan, T. (2024). *Effect of GeoGebra-supported 5E learning model on students' understanding of the area of a trapezium: A quasi-experimental study* (Vol. 16, Number 6).

