

Proses Berpikir Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar Berdasarkan Teori Pemrosesan Informasi

Husnul Khotimah¹, Cholis Sa'dijah¹, Imam Rofiki^{1*}, Eka Ratna Anjanuarti Latifah²

¹Departemen Matematika, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

²SMP Laboratorium Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v13n2.p499-513>

Article History:

Received: 2 May 2024
 Revised: 10 July 2024
 Accepted: 10 July 2024
 Published: 22 July 2024

Keywords:

exponent numbers,
 information processing,
 problem-solving, root
 forms, thinking process

*Corresponding author:

imam.rofiki.fmipa@um.ac.id

Abstract: Information processing theory is a theory that can explain students' thinking processes in problem-solving. Effective problem-solving requires a good thinking process. Thus, exploring students' thinking processes will help in understanding the causes of students' mistakes so that they can be prevented and enhance students' problem-solving eventually. In line with that, this research aims to analyze students' thinking processes in solving powers and root forms problem (in mathematics) based on information processing theory. This case method research with a qualitative approach was carried out at SMP Laboratorium Universitas Negeri Malang (UM) involving two subjects. The findings show that for both student who answer correctly and student who answer incorrectly, the thinking process begins with the entry of stimuli into sensory memory which is then selected through selective attention to obtain perception. The information is then passed to short-term memory. The difference in their thinking processes lies in the retrieval process. The student who answered correctly succeeded in solving the problem correctly even though he experienced a forgotten lost while the student who answered incorrectly experienced misperceptions caused by a forgotten lost which resulted in the strategy execution and the final answer being incorrect.

PENDAHULUAN

Pemecahan masalah merupakan hal yang krusial dalam ranah pendidikan matematika. Dalam pembelajaran dan pengajaran matematika, pemecahan masalah berperan sebagai domain penting yang tak tergantikan (Gholami, 2023; Hidayah et al., 2020; Purnomo et al., 2024). Sebagaimana dinyatakan oleh *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM), terdapat lima standar proses yang harus dikuasai dalam pembelajaran matematika, yakni kemampuan pemecahan masalah (*problem-solving*), kemampuan penalaran dan pembuktian (*reasoning and proof*), kemampuan komunikasi matematis (*communication*), kemampuan koneksi matematis (*connections*), dan kemampuan representasi matematis (*representation*) (NCTM, 2000). Selaras dengan hal tersebut, *National Centre for Education Statistics* (NCES) juga menyatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu bentuk kecakapan matematis yang harus dikuasai karena kemampuan ini tak hanya dapat membantu seseorang mengenali dan merumuskan strategi pemecahan masalah, melainkan juga cara memilih dan mengeksekusi solusi yang tepat dan masuk akal bagi masalah yang diberikan (Al-Mutawah et al., 2019). Dalam penerapannya, pemecahan masalah melibatkan penalaran dan pembuktian, komunikasi, koneksi, dan representasi matematis sehingga

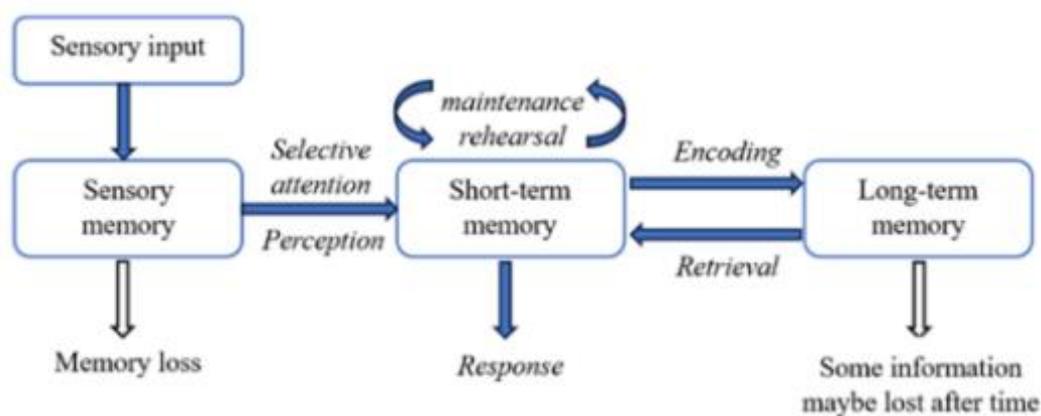
secara tidak langsung, untuk dapat menguasai kemampuan ini, seseorang juga dituntut untuk menguasai keempat elemen standar proses yang lain. Oleh karena sifatnya yang cukup kompleks tersebut, banyak siswa yang mengalami kesulitan ketika dihadapkan dengan situasi yang memerlukan pemecahan masalah, khususnya dalam memecahkan masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar.

Materi bilangan berpangkat dan bentuk akar penting untuk dikuasai karena materi ini berkaitan dengan banyak materi lainnya seperti aljabar, geometri, hingga statistika pada jenjang yang lebih lanjut (Agusta, 2020; Hidayat & Nuraeni, 2022). Di jenjang SMA/ sederajat, materi ini merupakan salah satu materi prasyarat pada pembelajaran konsep eksponen dan logaritma. Tak hanya itu, penguasaan materi ini juga diperlukan untuk membantu perhitungan pada lintas mata pelajaran, misalnya Fisika dan Biologi (Mulbar et al., 2022). Namun, penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Agusta (2020) menyebutkan bahwa dari hasil survei kepada 127 orang siswa, hanya 40% siswa yang mampu menguraikan jawabannya secara tepat. Penelitian Mulbar et al. (2022) juga mengungkap bahwa siswa masih sering melakukan kesalahan ketika menyelesaikan masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar. Hal ini apabila tidak segera ditangani dapat menghambat siswa pada tingkat pendidikan yang lebih tinggi karena sejatinya pembelajaran matematika itu sifatnya berantai dan berkelanjutan (NCTM, 2000). Selain itu, hal ini juga berpotensi menjadikan siswa mudah menyerah ketika diberikan masalah matematika lain ke depannya. Padahal, pemberian masalah matematika dapat mengembangkan kemampuan pemecahan masalah siswa (Santos-Trigo, 2024).

Pemecahan masalah yang efektif memerlukan proses berpikir yang baik (Arjudin et al., 2020). Proses berpikir sendiri didefinisikan sebagai serangkaian proses yang diawali dengan penerimaan data atau informasi, pengolahan dan penyimpanan data/informasi ke dalam ingatan, untuk kemudian digunakan atau diambil kembali ketika diperlukan (Jorczak, 2011; Slavin, 2009 dalam Kusaeri et al., 2018). Menurut Ruggiero (2011), proses berpikir merupakan aktivitas mental yang berguna dalam merancang atau memecahkan masalah, mengambil keputusan, dan memperoleh pemahaman. Dari sini dapat dilihat bahwa pemecahan masalah sangat berkaitan dengan proses berpikir. Namun demikian, berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di SMP Laboratorium Universitas Negeri Malang (UM), masih ditemukan kasus di mana guru hanya mementingkan jawaban akhir siswa dan kurang memperhatikan bagaimana proses berpikir yang dilalui siswa dalam rangka menemukan jawaban tersebut.

Terdapat beberapa teori yang dapat digunakan untuk mengkaji proses berpikir seseorang. Salah satunya adalah teori pemrosesan informasi. Teori yang digagas oleh Gagne ini menjelaskan tentang proses rangsangan diolah, mulai dari pemberian makna, penyimpanan, hingga pengambilan kembali pengetahuan/informasi yang telah disimpan di dalam memori (Gagne, 1975; Kusaeri et al., 2018; Rehalat, 2014; Solso et al., 2008). Teori ini tidak hanya berfokus pada perubahan yang dapat dilihat oleh panca indra saja, melainkan juga pada proses internal yang terjadi di dalam diri seseorang sehingga tepat digunakan untuk menganalisis proses berpikir siswa ketika dihadapkan pada situasi

pemecahan masalah (Kusaeri et al., 2018; Kusaeri, 2017). Masalah yang diberikan bertindak sebagai input atau informasi dari lingkungan yang kemudian akan dianalisis melalui komponen-komponen pemrosesan informasi itu sendiri. Terdapat tiga komponen utama dalam teori pemrosesan informasi, yakni komponen penyimpanan informasi (tempat-tempat di mana informasi akan disimpan, mencakup *sensory memory*, *short term memory*, dan *long term memory*), komponen proses kognitif (bekerja ketika pemrosesan informasi terjadi, meliputi *attention*, *perception*, *encoding*, dan *retrieval*), serta komponen proses kontrol (bertindak mengontrol informasi mana saja yang akan diambil/dipilih untuk digunakan dalam penyelesaian masalah) (Kusaeri et al., 2018; Novalita et al., 2022; Nurhayati et al., 2020; Putra et al., 2017). Ketiga komponen ini kemudian secara sistematis membentuk model pemrosesan informasi sebagaimana tersaji dalam Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Model Pemrosesan Informasi Sumber: (Kusaeri et al., 2018)

Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, pemrosesan informasi dimulai dengan rangsangan/stimulus yang diterima oleh *sensory memory* (ingatan yang ada di panca indra). Durasi simpan *sensory memory* sangat pendek sehingga informasi yang masuk akan melewati tahap seleksi (*selective attention*) terlebih dahulu. Jika informasi dinilai kurang penting dan tidak mendapatkan perhatian, maka informasi tersebut akan langsung dilupakan. Selanjutnya, informasi yang telah lolos seleksi dan diberikan makna/persepsi (*perception*) akan dilanjutkan ke memori jangka pendek (*short-term memory*) atau *working memory*. Durasi penyimpanan memori jangka pendek juga cukup singkat, yakni hanya sekitar 5-20 detik. Namun, jika dilakukan *maintenance rehearsal*, memori tersebut dapat bertahan 5-15 detik lebih lama. Untuk dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama, melakukan *maintenance rehearsal* saja tidak cukup. Perlu ada proses asosiasi dengan informasi yang telah diketahui sebelumnya agar informasi dapat tersimpan di memori jangka panjang (*long-term memory*), proses ini disebut dengan *encoding* atau pengkodean. Setelah tersimpan di memori jangka panjang, informasi akan dipanggil/diambil kembali (*retrieval*) ketika dibutuhkan. Proses *retrieval* yang kurang tepat dapat menyebabkan eksekusi rencana pemecahan masalah siswa menjadi kurang tepat pula. Oleh karena itu, penting untuk mendeteksi bagaimana proses berpikir siswa guna mencegah hal yang tidak diinginkan tersebut. Selaras dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tentang proses berpikir siswa dalam memecahkan masalah bilangan

berpangkat dan bentuk akar pada jenjang SMP menggunakan teori pemrosesan informasi. Penelitian ini penting untuk dilakukan mengingat penelitian terkait yang sudah ada sebelumnya berfokus pada proses berpikir siswa berdasarkan informasi jika ditinjau dari segi *gender* (Mulbar et al., 2022), tingkat kemampuan matematika (Kusaeri et al., 2018), hingga gaya kognitif (Amamah et al., 2016; Novalita et al., 2022). Dalam kesempatan ini, peneliti memfokuskan analisis dengan memilih subjek dari siswa yang menjawab benar dan siswa yang menjawab salah. Hal ini guna menunjukkan perbedaan proses berpikir yang dialami siswa sehingga bisa menghasilkan jawaban akhir yang benar maupun salah tersebut. Selain itu, penelitian ini juga berguna untuk mendiagnosis potensi kesalahan yang mungkin terjadi pada siswa, seperti lupa, kesalahan *retrieval*, maupun tidak optimalnya penyimpanan informasi pada memori jangka panjang yang menyebabkan kegagalan *retrieval*. Hasil diagnosis ini nantinya dapat digunakan sebagai sarana evaluasi dan pertimbangan untuk merancang strategi pembelajaran yang tepat agar siswa dapat mengoptimalkan pemrosesan informasinya karena sebagaimana dijelaskan oleh teori belajar sibernetik, belajar tidak lain merupakan sebuah pemrosesan informasi. Pemrosesan informasi yang tidak maksimal akan berdampak pada hasil belajar yang tidak maksimal pula.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *case method* dengan pendekatan kualitatif. Penelitian ini dilakukan di SMP Laboratorium UM dengan melibatkan 6 orang siswa kelas 7E dengan kemampuan matematika yang beragam. Pemilihan subjek ini dilakukan secara *purposive sampling* berdasarkan hasil pengerjaan siswa dan juga rekomendasi dari guru pengajar, yaitu berdasarkan kemampuan komunikasi siswa yang lancar. Kriteria utama pemilihan subjek lainnya adalah siswa telah menempuh materi bilangan berpangkat dan bentuk akar karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk melacak proses berpikir dan memunculkan proses *retrieval* informasi dari memori jangka panjang ke memori jangka pendek atau memori kerja. Dari keenam siswa yang diberikan soal tes, 1 siswa menjawab benar dan lima siswa menjawab salah. Oleh karena itu, peneliti kemudian memilih 2 orang subjek sebagai perwakilan, yakni seorang siswa yang menjawab dengan benar dan seorang siswa yang menjawab dengan kurang tepat.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu butir soal tes terkait masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar nonrutin berbentuk soal cerita, pedoman wawancara, dan alat rekam audiovisual. Instrumen tersebut telah divalidasi oleh ahli pendidikan matematika dan dinyatakan layak digunakan sebagai instrumen. Soal bentuk cerita dipilih karena dinilai lebih mampu melacak proses berpikir siswa selama memecahkan masalah yang diberikan. Soal ini juga merupakan soal nonrutin yang menantang siswa untuk merancang dan mengeksekusi strategi yang telah dibuat guna menemukan jawaban akhir yang tepat. Instrumen soal tes yang digunakan dalam melacak proses berpikir siswa disajikan pada Gambar 2.

Aina dan Radit bermain tebak-tebakan. Aina harus menebak bilangan yang diberikan Radit berdasarkan informasi yang diberikan. Radit memberi tahu Aina bahwa jika bilangan tersebut dikalikan dengan dirinya sendiri sebanyak 3 kali, maka akan dihasilkan 81. Tentukan bilangan yang dipikirkan oleh Radit.

Gambar 2. Masalah Bilangan Berpangkat dan Bentuk Akar

Pengecekan keabsahan data pada penelitian ini dilakukan melalui triangulasi metode (Creswell, 2014), yakni mengintegrasikan hasil tes dan wawancara. Hasil pengerjaan soal tes dilengkapi dengan wawancara untuk memperkuat data yang diperoleh. Pemberian soal tes dilanjutkan dengan pelaksanaan wawancara semi-terstruktur untuk melacak pemrosesan informasi dalam pemecahan masalah. Dari pengumpulan data tersebut, didapatkan data tulis berupa jawaban/hasil pengerjaan siswa terhadap soal tes dan data nontulis yang berasal dari wawancara. Data berupa jawaban dan hasil wawancara siswa kemudian dianalisis menggunakan analisis deskriptif kualitatif Miles dan Huberman (1994) yang mencakup reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Namun, sebelum itu, terlebih dahulu peneliti mengoreksi dan menelaah hasil pengerjaan siswa dan membuat transkrip wawancara. Pada tahap reduksi, data akan dikelompokkan dan dipilah untuk kemudian membuang data yang tidak diperlukan. Setelahnya, data diberi label atau dikodekan, misal penyebutan subjek siswa yang menjawab benar dan siswa yang menjawab salah akan diubah menjadi S1 dan S2. Tahapan selanjutnya adalah penyajian data. Pada tahap ini, peneliti memaparkan analisis proses berpikir siswa berdasarkan teori informasi secara naratif dengan disertai gambar dan ilustrasi yang diperlukan untuk memudahkan pembaca memahami pemaparan yang disajikan. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan yang didasarkan pada analisis yang telah dipaparkan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengerjaan soal tes yang diberikan, dipilih S1 sebagai perwakilan subjek dengan jawaban benar dan S2 sebagai perwakilan subjek dengan jawaban salah. Proses berpikir S1 dan S2 dimulai dari penerimaan stimulus berupa masalah yang diberikan hingga respons yang diberikan dalam rangka langkah penyelesaian masalah tersebut. Pemaparan yang lebih lanjut diuraikan sebagai berikut.

Proses Berpikir S1

Proses berpikir S1 dimulai dengan adanya stimulus (*sensory input*) berupa masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar. Informasi ini kemudian masuk ke memori indra (*sensory memory*) melalui indra penglihatan dan memunculkan perhatian (*attention*). Perhatian yang muncul selanjutnya diseleksi lewat *selective attention*. Hal ini terlihat ketika S1 menjelaskan informasi apa saja yang penting dan diketahui pada soal serta apa yang ditanyakan. Dari situ, S1 mendapatkan persepsi (*perception*) bahwa masalah yang diberikan berkaitan dengan bilangan berpangkat dan bentuk akar sehingga untuk menemukan suatu bilangan yang sama yang apabila dikalikan sebanyak tiga kali akan menghasilkan 81, strategi yang dirancang oleh S1 adalah 1) mencoba mengalikan bilangan dengan dirinya sendiri sebanyak 3 kali dan 2) mencari akar kubik dari 81. Persepsi ini kemudian diteruskan

ke memori jangka pendek (*short-term memory*). Untuk mengeksekusi strategi yang telah dirancang, S1 menggunakan perkalian bersusun, pemfaktoran bilangan bulat, akar kubik bilangan bulat, serta sifat perkalian bilangan dalam bentuk akar untuk menyelesaikan masalah yang diberikan. Hal ini membuktikan bahwa S1 sebelumnya telah melakukan pengulangan (*maintentance rehearsal*) terkait konsep-konsep tersebut sehingga informasi tersebut dapat dipanggil kembali (*retrieval*) dari memori jangka panjang (*long-term memory*) ke memori jangka pendek (*short-term memory*) atau *working memory*. Proses *retrieval* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

The image shows handwritten mathematical work. At the top, there are three multiplication problems: $4 \times 4 \times 4 = 64$, $5 \times 5 \times 5 = 125$, and $3 \times 3 \times 3 = 27$. Below these, there is an equation: $\sqrt[3]{81} \times \sqrt[3]{27} = 3 \cdot \sqrt[3]{3}$.

Gambar 3. Jawaban S1

Pada Gambar 3, terlihat bahwa S1 melakukan *retrieval* konsep perkalian bersusun untuk menemukan bilangan yang diminta pada soal. S1 mencoba mengalikan bilangan 4 dengan dirinya sendiri sebanyak 3 kali dan diperoleh hasil yang tidak sesuai dengan yang diminta pada soal. S1 kemudian mengalikan bilangan 5 dengan dirinya sendiri. Namun, setelah bilangan tersebut dikalikan dengan dirinya sendiri sebanyak 2 kali, S1 sadar bahwa apabila dikalikan sekali lagi dengan 5, hasilnya akan melebihi 81. Pada tahap ini, telah terjadi otomatisasi pada proses berpikir siswa. Proses otomatisasi S1 dapat disimak pada Wawancara 1.

Wawancara 1

P : Selanjutnya, bisa dijelaskan bagaimana pengerjaan kamu?

JS1 : Awalnya saya mencari akar pangkat 3 dari 81, tapi tidak ada bilangan yang bulat. Paling dekat itu adalah 4 karena $4^3 = 64$. Selanjutnya, $5^3 = 125$ di mana hasilnya melebihi 81.

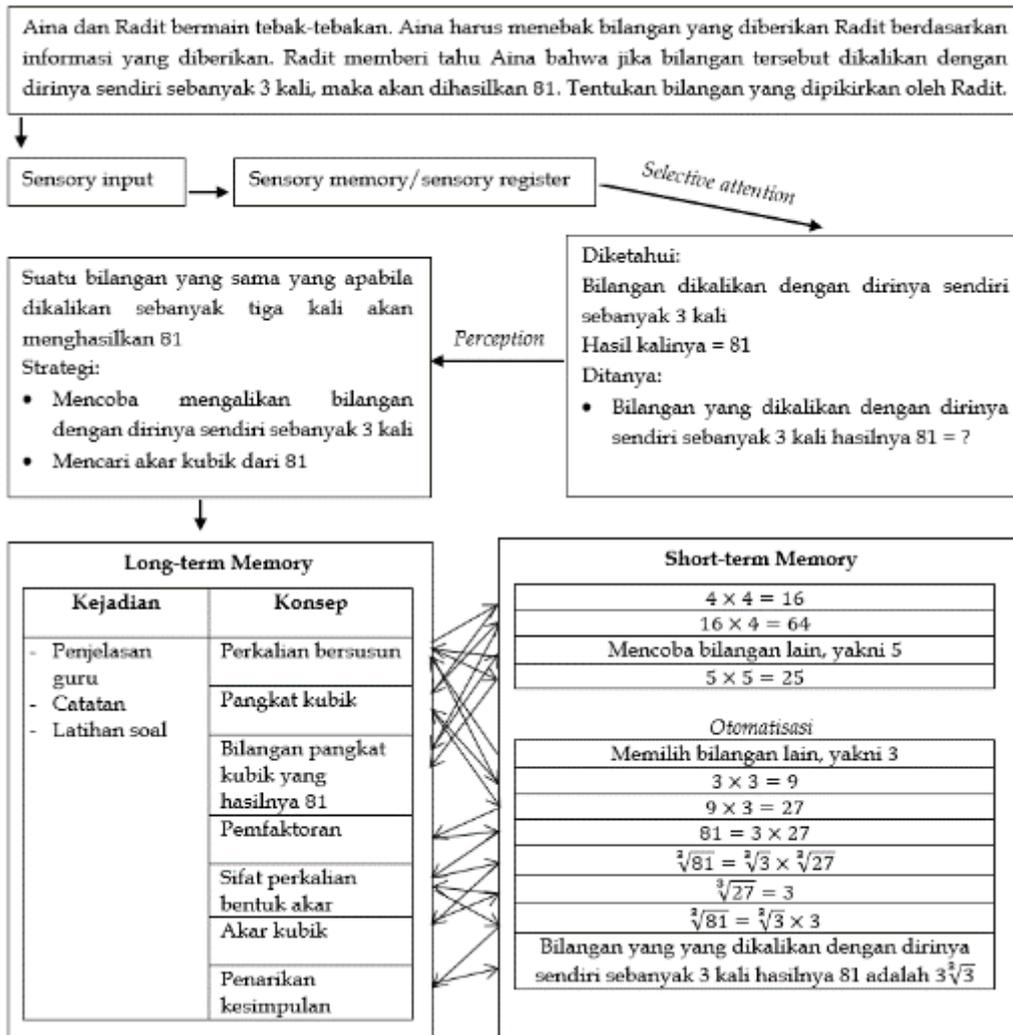
Setelah melakukan otomatisasi, S1 memutuskan untuk mencoba bilangan lainnya, yakni 3. S1 mengalikan bilangan 3 dengan dirinya sendiri sebanyak 3 kali dan mendapatkan bilangan 27. S1 ingat bahwa 81 adalah hasil perkalian dari 3 dan 27 sedangkan 27 itu sendiri merupakan bilangan kubik sehingga dapat dikeluarkan/diakarkan dari bentuk akar kubik. Kendati jawaban akhir S1 adalah benar, S1 menyatakan bahwa ia kesulitan untuk menemukan solusi/cara pengerjaan lainnya karena mengalami lupa (*forgotten lost*) terkait konsep bentuk aljabar, utamanya terkait permisalan suatu bilangan ke dalam variabel. S1 juga menyatakan bahwa jika diberikan kesempatan lagi, S1 akan langsung menggunakan strategi yang kedua karena setelah pengerjaan, strategi yang pertama dinilai kurang membantu dan cukup menyita waktu. Pernyataan S1 tersebut dapat disimak pada Wawancara 2.

Wawancara 2

P : Jika diberikan kesempatan menjawab kembali, menurutmu apakah perlu menghitung nilai dari 4^3 dan 5^3 ?

JS1 : Tidak, karena sudah tahu jawaban sebenarnya (cara yang lebih cepat)

Proses berpikir yang dialami oleh S1 sejalan dengan pendapat Siegler (1996) terkait mekanisme perubahan yang terjadi dalam kognitif siswa, di antaranya berupa konstruksi strategi dan generalisasi. Konstruksi strategi membantu S1 menemukan cara yang tepat untuk memproses informasi yang masuk dan merancang rencana pemecahan masalah. Generalisasi membantu S1 menyimpulkan bahwa soal dapat diselesaikan menggunakan pemfaktoran bilangan dan perhitungan nilai pangkat 3 dari 4 dan 5 tidak perlu dilakukan karena hanya akan memperpanjang waktu pengerjaan. Proses berpikir S1 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Berpikir S1 Berdasarkan Teori Pemrosesan Informasi

Proses Berpikir S2

Sebagaimana S1, proses berpikir S2 masuknya stimulus berupa masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar ke memori indra (*sensory memory*) melalui indra penglihatan yang kemudian memunculkan perhatian (*attention*). Atensi ini kemudian melalui penyeleksian (*selective attention*) dan diberikan makna/persepsi (*perception*). S2 mendapatkan persepsi bahwa masalah yang diberikan berkaitan dengan bilangan berpangkat dan bentuk akar. Akan tetapi, S2 mengalami kesalahan persepsi dalam menentukan apa yang ditanyakan pada soal. S2 menyampaikan bahwa yang ditanyakan

adalah 3 bilangan bentuk akar yang apabila dikalikan hasilnya adalah 81. Kesalahan ini berdampak pada strategi yang direncanakan oleh S2. Strategi tersebut adalah 1) mencoba mengalikan suatu bilangan yang sama sebanyak 3 kali dan 2) menemukan akar dari bilangan 81. Kesalahan persepsi yang dialami oleh S2 disebabkan oleh kurangnya pemahaman terkait konsep bilangan berpangkat dan bentuk akar dan kurang optimalnya penyimpanan informasi terkait konsep bilangan berpangkat dan bentuk akar dalam memori jangka panjang siswa (*forgotten lost*) (Kusaeri et al., 2018). S2 cenderung menganggap bahwa setiap soal yang disajikan merupakan masalah bentuk akar kuadrat. Selain itu, S2 juga menyampaikan bahwa dugaannya terkait jawaban masalah tersebut adalah bilangan bulat sehingga S2 hanya fokus mencari bilangan bulat yang jika dikalikan sebanyak 3 kali hasilnya 81. Hal ini ditunjukkan pada Wawancara 3 sebagai berikut.

Wawancara 3

P : Menurutmu, bilangan apa yang diminta pada soal?

JS2 : 3 bilangan akar yang apabila dilakukan hasilnya 81

P : Informasi apa saja yang penting untuk menjawab soal?

JS2 : (melingkari pernyataan "dikalikan dengan dirinya sendiri sebanyak 3 kali maka dihasilkan 81")

P : Kenapa menurutmu itu penting?

JS2 : Kalau tidak ada clue ini, jawabannya tidak bisa ditebak

P : Dari clue ini, langkah apa yang kamu kerjakan?

JS2 : $\sqrt{81}$ dijabarkan menjadi perkalian dari 3 akar ($\sqrt{81} = \sqrt{9} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3}$)

Proses berpikir S2 dilanjutkan dengan penyaluran persepsi ke memori jangka pendek (*short-term memory*). Untuk mengeksekusi strategi yang telah dirancang, S2 menggunakan konsep perkalian bilangan bulat, pemfaktoran bilangan bulat, sifat perkalian bentuk akar, dan akar kuadrat untuk menyelesaikan masalah yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa S2 sebelumnya telah melakukan pengulangan (*maintentance rehearsal*) sehingga dapat melakukan pemanggilan kembali (*retrieval*) pengetahuan terkait konsep-konsep tersebut ketika diperlukan. Proses *retrieval* yang dilakukan S2 dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\begin{array}{l} \begin{array}{c} 3 \times 3 \times 3 \\ \hline 9 \\ \times \\ 9 \\ \hline 81 \end{array} \\ \sqrt{81} = \sqrt{9 \times 9} = \sqrt{9} \times \sqrt{9} \\ = 3\sqrt{9} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \sqrt{81} = \sqrt{9} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3} \\ = \sqrt{27} \times \sqrt{3} \\ = 3\sqrt{3} \end{array}$$

Gambar 5. Jawaban S2

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa langkah awal yang digunakan oleh S2 untuk menemukan yang diminta pada soal adalah dengan mengalikan bilangan bulat 3 sebanyak 3 kali. Namun, karena jawaban yang dihasilkan bukan 81, S2 memutuskan untuk menggunakan strategi yang kedua, yakni menemukan akar dari 81. S2 mengingat bahwa 81 adalah bilangan kuadrat sehingga $\sqrt{81}$ bisa difaktorkan menjadi $\sqrt{9 \times 9}$. S2 juga mengingat perkalian bentuk akar, sehingga $\sqrt{9 \times 9}$ dapat diubah menjadi $\sqrt{9} \times \sqrt{9}$. Selanjutnya, S2 mengakarkan salah satu bilangan di dalam akar sehingga didapat $3\sqrt{9}$. Ketika diwawancarai terkait mengapa hanya satu bilangan dalam bentuk akar yang

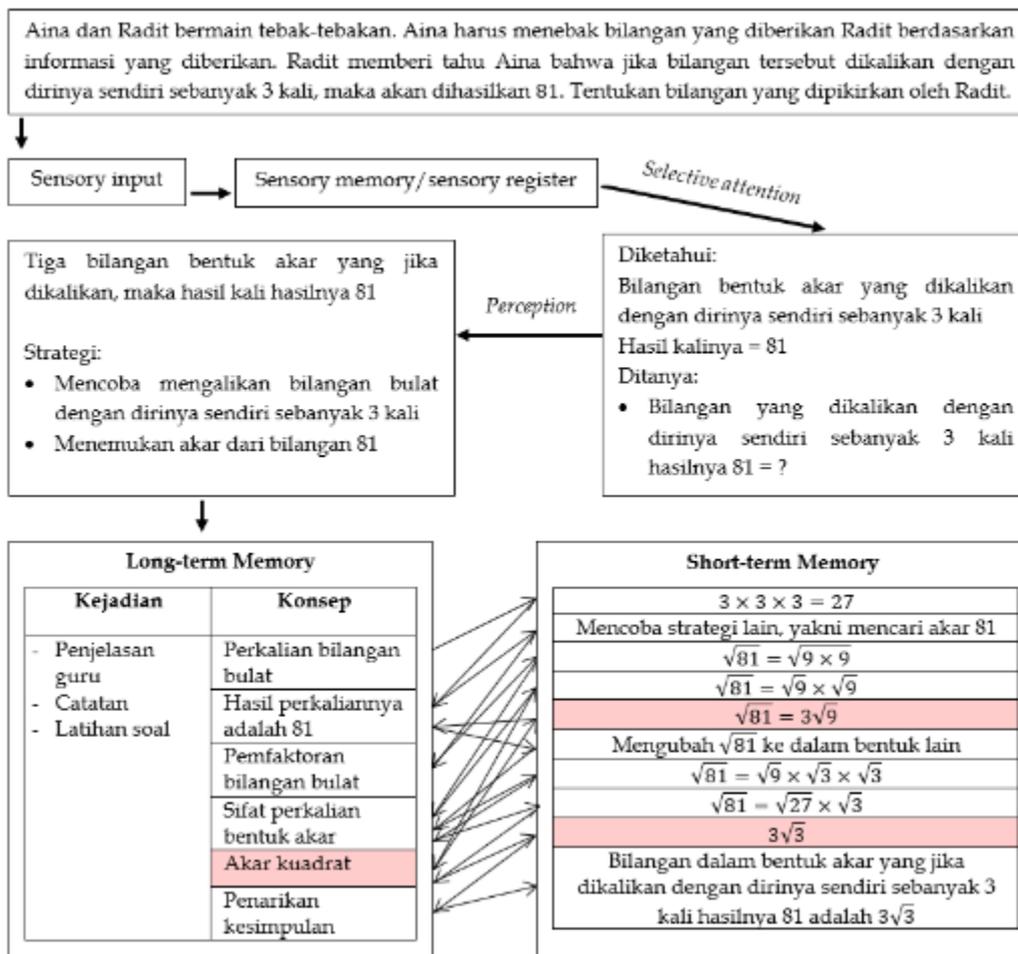
diakarkan, S2 menyampaikan bahwa sebenarnya keduanya bisa diakarkan. Namun, jika diakarkan, maka hasilnya adalah 9, ketika dikalikan sebanyak 3 kali dengan dirinya sendiri, hasilnya tidak sama dengan 81. Oleh karena itu, S2 mencoba mengubah strategi kedua dalam bentuk lain. S2 mengubah $\sqrt{81}$ menjadi $\sqrt{9} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3}$ dengan memanfaatkan pemfaktoran bilangan bulat dan sifat perkalian bentuk akar. Setelahnya, S2 mengubah $\sqrt{9} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3}$ menjadi $\sqrt{27} \times \sqrt{3}$, meskipun pada akhirnya S2 membatalkan jawaban tersebut. Namun demikian, pada Gambar 5 terlihat bahwa jawaban S2 setelahnya masih terpengaruh oleh bentuk $\sqrt{27} \times \sqrt{3}$. Dalam wawancara, S2 menyampaikan bahwa bilangan 3 di luar tanda akar diperoleh dari mengakarkan 9, sedangkan $\sqrt{3}$ adalah sisa bilangan yang tidak bisa diakarkan, sehingga jawaban akhirnya adalah $3\sqrt{3}$. Padahal, jika merujuk pada $\sqrt{9} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3}$, terdapat perkalian $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ di mana hasilnya adalah 3. Hal ini dapat disimak pada Wawancara 4.

Wawancara 4

P : Bisa dijelaskan secara runtut, langkah-langkah apa saja yang kamu kerjakan untuk menjawab soal?

JS2 : Pertama saya coba faktorkan $\sqrt{81}$ menjadi $\sqrt{9} \times \sqrt{9} = 3\sqrt{9}$. Tapi ketika dikalikan dirinya sebanyak 3 kali, hasilnya bukan 81. Jadi, saya coba faktorkan $\sqrt{81}$ menjadi $\sqrt{9} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3} = \sqrt{27} \times \sqrt{3}$. Karena 27 tidak bisa diakarkan, maka saya coret. $\sqrt{9}$ dikarkan menjadi 3 dan $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ nya menjadi $\sqrt{3}$.

Diagram alir yang menggambarkan proses berpikir S2 dalam memecahkan masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses Berpikir S2 Berdasarkan Teori Pemrosesan Informasi

Berdasarkan temuan penelitian ini, dapat dilihat bahwa proses berpikir S1 dan S2 dalam menyelesaikan soal yang diberikan dimulai dengan masuknya rangsangan berupa soal ke dalam *sensory memory* yang dilanjutkan dengan *selective attention*. Hingga tahap ini, proses berpikir S1 dan S2 masih sama. Namun, dalam proses selanjutnya, S1 berhasil mendapatkan persepsi (*perception*) bahwa yang dicari adalah suatu bilangan yang apabila dikalikan dengan dirinya sendiri sebanyak 3 kali akan menghasilkan 81. Dari sini, S1 berfokus menemukan akar pangkat 3 dari 81. Di sisi lain, S2 mendapatkan persepsi bahwa bilangan yang diminta adalah tiga bilangan akar yang apabila dikalikan hasilnya 81. Kesalahan persepsi yang dialami S2 di awal berakibat fatal pada proses berpikir siswa. Hal ini karena persepsi digunakan untuk menentukan strategi penyelesaian masalah (Nur et al., 2024). Persepsi yang tidak tepat berpeluang mengakibatkan penentuan strategi maupun penyimpanan informasi pada memori jangka panjang (*long-term memory*) terjadi secara tidak tepat pula (Eggen & Kauchak, 2014; Fourie & Schlebusch, 2022). Ketika strategi dieksekusi dengan tidak sesuai, jawaban akhir siswa juga akan menjadi kurang tepat. Oleh karena itu, dalam pembelajaran matematika, penting untuk memastikan apakah persepsi matematika yang ditangkap oleh siswa sudah sesuai dengan yang disampaikan oleh guru atau belum.

Perbedaan proses berpikir S1 dan S2 juga terlihat dari adanya otomatisasi yang terjadi di S1 dan tidak terjadi di S2. S1 tidak memerlukan usaha yang besar dalam menemukan nilai dari bilangan pangkat 3, sedangkan S2 perlu menghitung dan menuliskan terlebih dahulu. Hal ini menunjukkan bahwa S1 telah mengalami perubahan kognitif dalam pemrosesan informasinya. Sebagaimana dinyatakan oleh Suryana et al. (2022), pendekatan pemrosesan informasi memiliki tiga fungsi utama, yakni proses pembelajaran, mekanisme perubahan, serta perubahan diri. Otomatisasi merupakan satu di antara empat mekanisme yang terdapat pada mekanisme perubahan, bersamaan dengan pengkodean (*encoding*), konstruksi strategi, dan generalisasi (Siegler, 1996). Otomatisasi merupakan kemampuan seseorang untuk memproses informasi tanpa memerlukan usaha yang berat atau bahkan tanpa usaha sama sekali, cepat, dan dapat dilakukan bersamaan dengan proses kognitif lainnya tanpa hambatan (Fabio et al., 2019). Otomatisasi dapat terjadi dengan banyaknya latihan (Moors & De Houwer, 2006; Shiffrin & Schneider, 1977). Oleh karena itu, untuk meningkatkan otomatisasi siswa, guru perlu sering memberikan beragam latihan, utamanya yang berkaitan dengan fakta matematika karena hal ini menjadi faktor penentu performa siswa dalam tes matematika secara umum dan menunjang kesuksesan di bidang matematika yang lebih tinggi (Baker & Cuevas, 2018; Stickney et al., 2012; Woodward, 2006).

Berdasarkan pemaparan sebelumnya, S1 telah menunjukkan aktivitas otomatisasi. Kendati demikian, S1 sempat lupa dan tidak bisa melakukan *retrieval* terhadap konsep aljabar berupa permisalan ke bentuk variabel yang dapat digunakan sebagai alternatif penyelesaian soal. Hal yang serupa dialami oleh S2 di mana S2 tidak bisa melakukan *retrieval* terkait konsep perpangkatan dan bentuk akar secara tepat. Logan (1988) menyatakan bahwa otomatisasi adalah proses *retrieval* memori yang terjadi dalam satu langkah. Berdasarkan pandangan tersebut, kendala dalam proses *retrieval* sebagaimana

temuan pada penelitian ini mengindikasikan bahwa otomatisasi yang dikuasai oleh siswa belum mencapai tingkat fasih. Kefasihan (*fluency*) merupakan muara dari otomatisasi yang menuntut siswa untuk cepat dan akurat dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan fakta matematika dasar (Baker & Cuevas, 2018; Lin & Kubina, 2005). Kefasihan fakta matematika melibatkan *retrieval* kombinasi aritmatika dasar secara cepat dan akurat serta kemampuan untuk menggunakannya secara efisien (Baroody, 2011). Proses *retrieval* fakta matematika dikatakan fasih apabila dilakukan secara akurat dalam waktu 2-3 detik (Burns et al., 2010; Stickney et al., 2012), sedangkan efisien yang disebutkan sebelumnya mengarah kepada kemampuan siswa untuk menerapkan fakta ke dalam kemampuan dan konsep matematika yang lebih kompleks (Morano et al., 2020).

Terdapat beberapa cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan kefasihan fakta matematika. Penelitian Morano et al. (2020) menunjukkan bahwa menggabungkan instruksi strategi eksplisit (*explicit strategy instruction*) dan latihan penguasaan (*mastery practice*) dinilai paling efektif untuk meningkatkan kefasihan fakta matematika. *Strategy instruction* berfokus pada pendekatan pembelajaran yang melibatkan penjelasan langsung, pemodelan oleh guru dengan *think aloud*, dan pemberian *scaffolding* agar siswa semakin mandiri seiring berjalannya waktu (Morano et al., 2020; Swanson, 1999). Di sisi lain, *mastery practice* mewakili pendekatan tradisional dalam pembelajaran dengan latihan berulang-ulang dan intensif yang melibatkan alat bantu seperti *flashcard* maupun latihan berbasis komputer (Morano et al., 2020). Dua strategi ini saling melengkapi mengingat *mastery practice* efektif digunakan untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam melakukan *retrieval* terhadap fakta-fakta matematika yang telah dipelajari, sedangkan *strategy instruction* efektif untuk melatih penerapan fakta pada penyelesaian masalah kompleks (Kanive et al., 2014; Woodward, 2006). Selain kombinasi kedua strategi tersebut, strategi lain yang juga dapat digunakan untuk meningkatkan kefasihan fakta matematika adalah *math fact rehearsal* dan *mnemonic*. *Math fact rehearsal* merupakan serangkaian latihan yang di dalamnya juga terdapat materi, *modeling*, *feedback*, *self-management*, hingga pengayaan, sedangkan *mnemonic* merupakan penggunaan kata-kata, kalimat, maupun rima yang didesain untuk meningkatkan penyimpanan dan mengingat fakta/proses matematika (Burns et al., 2010; Nelson et al., 2013). Namun demikian, kefasihan dalam *retrieval* tidak dapat dilakukan tanpa adanya informasi yang tersimpan dengan baik di dalam memori jangka panjang (*long term memory*). Untuk itu, informasi yang telah disimpan di memori jangka pendek (*short term memory*) perlu melewati proses pengkodean (*encoding*) agar dapat memasuki memori jangka panjang dan menjadi sebuah ingatan/memori.

Encoding melibatkan proses perolehan dan pemrosesan informasi menjadi representasi neuronal yang dapat disimpan oleh otak (Liu et al., 2021; Panzeri et al., 2023). Darmawan & Yusuf (2022) menyatakan bahwa terdapat dua metode *encoding* yang dapat diterapkan, yakni gladi pelihara/gladi primer dan gladi elaboratif. Gladi pelihara berfokus pada metode menghafal dan mengulang-ulang informasi, sedangkan gladi elaboratif merupakan pengkodean informasi dengan cara menciptakan asosiasi antara informasi baru dengan informasi yang sudah tersimpan dalam memori jangka panjang (*long-term memory*)

(Darmawan & Yusuf, 2022). Memori yang telah disimpan dapat dikelompokkan secara visual, akustik, maupun semantik (Mujawar et al., 2021). Lebih lanjut, memori di penyimpanan jangka panjang (*long-term memory*) secara garis besar dikategorikan menjadi dua, yakni memori deklaratif (eskplisit dan sadar) dan memori nondeklaratif (implisit dan tidak sadar) (Sridhar et al., 2023). Memori deklaratif terbagi menjadi memori episodik dan memori semantik. Memori episodik menyimpan pengalaman/kejadian yang pernah dialami seseorang, sedangkan memori semantik menyimpan pengetahuan sebagai fakta, konsep, maupun objek, termasuk informasi yang berkaitan dengan bahasa seperti makna dari kata maupun simbol matematika tertentu (Binder & Desai, 2011). Memori nondeklaratif mengarah pada pembelajaran secara tak sadar lewat pengalaman yang dapat mencakup tugas-tugas keterampilan motorik dan seringkali tidak perlu dipertimbangkan sebelum dieksekusi maupun diingat setelah selesai seperti kebiasaan dan kemampuan yang terbentuk dari latihan daripada proses menghafal (Sridhar et al., 2023). Baik memori deklaratif maupun nondeklaratif, keduanya sama-sama memiliki peran penting dalam kehidupan. Agar keduanya menjadi lebih stabil, tahan lama, dan tidak labil, perlu terjadi konsolidasi memori (McGaugh, 2000). Konsolidasi melibatkan proses stabilisasi dan integrasi memori ke penyimpanan jangka panjang yang menjadikan memori tahan terhadap gangguan dan kerusakan (Goedert & Willingham, 2002). Konsolidasi dipicu oleh *encoding* (Sridhar et al., 2023). Oleh sebab itu, penting untuk memastikan *encoding* terjadi secara optimal guna memastikan memori tersimpan dengan baik dan dapat dipanggil (*retrieval*) sewaktu-waktu tanpa gangguan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Temuan penelitian ini terkait proses berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah bilangan berpangkat dan bentuk akar pada siswa yang menjawab benar dan yang menjawab salah. Proses berpikir siswa dimulai dengan penerimaan stimulus oleh *sensory memory*. Informasi kemudian diseleksi melalui *selective attention* untuk mendapatkan *perception* agar dapat diteruskan ke *short term memory*. Dalam melakukan *retrieval*, siswa yang menjawab benar dapat mengeksekusi strategi pemecahan masalahnya dengan baik. Meski sempat mengalami *forgotten lost* terkait konsep bentuk aljabar dan permisalan yang dapat digunakan sebagai alternatif strategi penyelesaian, siswa yang menjawab benar mampu menemukan penyelesaian yang tepat. Di sisi lain, siswa yang menjawab salah mengalami kesalahan persepsi yang disebabkan oleh *forgotten lost* terkait konsep bilangan berpangkat dan bentuk akar sehingga memengaruhi penyusunan dan eksekusi strategi pemecahan masalah yang diberikan. Hal ini juga berdampak pada kurang tepat/salahnya jawaban akhir yang dihasilkan oleh siswa yang menjawab salah.

Pemrosesan informasi sangat bergantung pada memori yang kuat. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan dan keragaman kemampuan masing-masing siswa. Berdasarkan hal tersebut, guru sebagai fasilitator harus mampu menemukan strategi pembelajaran yang tepat untuk mengontrol informasi yang didapatkan oleh siswa selama pembelajaran agar informasi tersebut dapat memunculkan pemahaman yang kuat dan tepat sehingga

mispersepsi informasi dapat dicegah. Penulis menyadari keterbatasan dari penelitian ini. Oleh sebab itu, penelitian lanjutan dapat menelaah lebih lanjut hasil penelitian ini dengan berbagai pendekatan lainnya, di antaranya menyelidiki tentang penyebab kegagalan dalam pemrosesan informasi, karakterisasi proses berpikir berdasarkan pemrosesan informasi yang terjadi pada masing-masing siswa, *scaffolding* yang dapat diberikan untuk mencegah siswa mengalami kesalahan dalam memproses informasi, hingga pengembangan model, strategi, maupun media pembelajaran yang dapat meningkatkan otomatisasi atau *math fact fluency* pada siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, E. S. (2020). Peningkatan kemampuan pemahaman konsep bilangan berpangkat dan bentuk akar melalui video pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 2(2), 48–63. <https://doi.org/10.36706/jls.v2i2.12717>
- Al-Mutawah, M. A., Thomas, R., Eid, A., Mahmoud, E. Y., & Fateel, M. J. (2019). Conceptual understanding, procedural knowledge and problem-solving skills in mathematics: high school graduates work analysis and standpoints. *International Journal of Education and Practice*, 7(3), 258–273. <https://doi.org/10.18488/journal.61.2019.73.258.273>
- Amamah, S., Sa'dijah, C., & Sudirman. (2016). Proses berpikir siswa SMP bergaya kognitif field dependent dalam menyelesaikan masalah berdasarkan teori pemrosesan informasi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 1(2), 237–245.
- Arjudin, Subarinah, S., & Suryadi, R. (2020). Analyzing students' thinking process in solving linear algebra problem. *Proceedings of the 1st Annual Conference on Education and Social Sciences (ACCESS 2019)* (pp. 86–89). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200827.023>
- Baker, A. T., & Cuevas, J. (2018). The importance of automaticity development in mathematics. *Georgia Educational Researcher*, 14(2), 13–23. <https://doi.org/10.20429/ger.2018.140202>
- Baroody, A. J. (2011). Learning: A framework. In *Achieving fluency: Special education and mathematics* (pp. 15–58). National Council of Teachers of Mathematics.
- Binder, J. R., & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(11), 527–536. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.10.001>
- Burns, M. K., Coddington, R. S., Boice, C. H., & Lukito, G. (2010). Meta-Analysis of acquisition and fluency math interventions with instructional and frustration level skills: evidence for a skill-by-treatment interaction. *School Psychology Review*, 39(1), 69–83. <https://doi.org/10.1080/02796015.2010.12087791>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publication, Inc.
- Darmawan, P., & Yusuf, F. I. (2022). *Teori kognitioisme dan penerapannya dalam penelitian pendidikan matematika*. Insan Cendekia Nusantara.
- Eggen, P., & Kauchak, D. (2014). *Educational psychology: Windows on classrooms* (9th ed.). Pearson Education Inc.
- Fabio, R. A., Capri, T., & Romano, M. (2019). From controlled to automatic processes and back again: The role of contextual features. *Europe's Journal of Psychology*, 15(4), 773–788. <https://doi.org/10.5964/ejop.v15i4.1746>
- Fourie, M., & Schlebusch, G. (2022). Information processing ability and its implications for teaching and learning. *International E-Journal of Educational Studies*, 6(12), 110–123. <https://doi.org/10.31458/iej.1130846>
- Gagne, R. M. (1975). *Essentials of learning for instruction*. Holt, Rinehart, and Wilson.

- Gholami, H. (2023). Performance of Malaysian Foundation level students in mathematical problem solving as well as gender comparison. *Mathematics Teaching Research Journal*, 15(2), 104-120.
- Goedert, K. M., & Willingham, D. B. (2002). Patterns of interference in sequence learning and prism adaptation inconsistent with the consolidation hypothesis. *Learning & Memory*, 9(5), 279-292. <https://doi.org/10.1101/lm.50102>
- Hidayah, I. N., Sa'dijah, C., Subanji, & Sudirman. (2020). Characteristics of students' abductive reasoning in solving algebra problems. *Journal on Mathematics Education*, 11(3), 347-362. <https://doi.org/10.22342/JME.11.3.11869.347-362>
- Hidayat, P. A., & Nuraeni, R. (2022). Kemampuan pemahaman matematis siswa SMP pada materi perpangkatan dan bentuk akar secara daring pada masa pandemi Covid-19 di Desa Jayaraga. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu*, 1(2), 183-192. <https://doi.org/10.31980/powermathedu.v1i2.2230>
- Jorczak, R. L. (2011). An information processing perspective on divergence and convergence in collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(2), 207-221.
- Kanive, R., Nelson, P. M., Burns, M. K., & Ysseldyke, J. (2014). Comparison of the effects of computer-based practice and conceptual understanding interventions on mathematics fact retention and generalization. *The Journal of Educational Research*, 107(2), 83-89. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.759405>
- Kusaeri. (2017). Terbentuknya Konsepsi Matematika pada Diri Anak dari Perspektif Teori Reifikasi dan APOS. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 1, 101-105.
- Kusaeri, Lailiyah, S., Arrifadah, Y., & Hidayati, N. (2018). Proses Berpikir Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Berdasarkan Teori Pemrosesan Informasi. *Suska Journal of Mathematics Education*, 4(2), 125-141.
- Lin, F. Y., & Kubina, R. M. (2005). A preliminary investigation of the relationship between fluency and application for multiplication. *Journal of Behavioral Education*, 14(2), 73-87. <https://doi.org/10.1007/S10864-005-2703-Z>
- Liu, J., Zhang, H., Yu, T., Ren, L., Ni, D., Yang, Q., Lu, B., Zhang, L., Axmacher, N., & Xue, G. (2021). Transformative neural representations support long-term episodic memory. *Science Advances*, 7(41). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg9715>
- McGaugh, J. L. (2000). Memory-a century of consolidation. *Science*, 287(5451), 248-251. <https://doi.org/10.1126/science.287.5451.248>
- Moors, A., & De Houwer, J. (2006). Automaticity: A theoretical and conceptual analysis. *Psychological Bulletin*, 132(2), 297-326. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.2.297>
- Morano, S., Randolph, K., Markelz, A. M., & Church, N. (2020). Combining explicit strategy instruction and mastery practice to build arithmetic fact fluency. *TEACHING Exceptional Children*, 53(1), 60-69. <https://doi.org/10.1177/0040059920906455>
- Mujawar, S., Patil, J., Chaudhari, B., & Saldanha, D. (2021). Memory: Neurobiological mechanisms and assessment. *Industrial Psychiatry Journal*, 30(3), 311. <https://doi.org/10.4103/0972-6748.328839>
- Mulbar, U., Nasrullah, & Yulinar. (2022). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Perpangkatan dan Bentuk Akar Berdasarkan Kriteria Watson Ditinjau dari Perbedaan Gender. *Issues in Mathematics Education*, 6(1), 10-24. <http://www.ojs.unm.ac.id/imed>
- NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Nelson, P. M., Burns, M. K., Kanive, R., & Ysseldyke, J. E. (2013). Comparison of a math fact rehearsal and a mnemonic strategy approach for improving math fact fluency. *Journal of School Psychology*, 51(6), 659-667. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2013.08.003>
- Novalita, D., Kamid, & Haryanto. (2022). Analisis kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal matematika berdasarkan teori pemrosesan informasi ditinjau dari gaya kognitif. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(1), 752. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4632>

- Nur, I. M., Sa'dijah, C., Irawati, S., & Subanji. (2024). Student's thinking process in solving proportions based on information processing theory. *Pegeg Journal of Education and Instruction*, 14(2). <https://doi.org/10.47750/pegegog.14.02.25>
- Nurhayati, Huda, N., & Suratno. (2020). Analisis pemecahan masalah berdasarkan teori pemrosesan informasi. *Jurnal Ilmiah Dikdaya*, 10(2), 136. <https://doi.org/10.33087/dikdaya.v10i2.169>
- Panzeri, S., Janotte, E., Pequeño-Zurro, A., Bonato, J., & Bartolozzi, C. (2023). Constraints on the design of neuromorphic circuits set by the properties of neural population codes. *Neuromorphic Computing and Engineering*, 3(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/2634-4386/acaf9c>
- Purnomo, E. A., Sukestiyarno, Y. L., Junaedi, I., & Agoestanto, A. (2024). Stage of problem-solving in answering HOTS-based questions in differential calculus courses. *Mathematics Teaching Research Journal*, 15(6), 116–145.
- Putra, D. B. P., Kistofor, T., & Mufarrihah, I. (2017). Proses berpikir mahasiswa teknik informatika dalam menyelesaikan masalah statistika berdasarkan teori pemrosesan informasi. *Innovate: Jurnal Ilmiah Inovasi Teknologi Informasi*, 2(2), 69–79.
- Rehalat, A. (2014). Model pembelajaran pemrosesan informasi. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 23(2), 1–10.
- Ruggiero, V. R. (2011). *Beyond Feelings: A guide to Critical Thinking*. Mc Graw Hill.
- Santos-Trigo, M. (2024). Problem solving in mathematics education: tracing its foundations and current research-practice trends. *ZDM – Mathematics Education*, 56, 211–222. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01578-8>
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.127>
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. Oxford University Press, Inc.
- Slavin, R. E. (2009). *Educational psychology: Theory and practice* (9th ed.). Allyn and Bacon.
- Solso, R. L., Maclin, O. H., & Maclin, M. K. (2008). *Psikologi kognitif*. Erlangga.
- Sridhar, S., Khamaj, A., & Asthana, M. K. (2023). Cognitive neuroscience perspective on memory: overview and summary. *Frontiers in Human Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1217093>
- Stickney, E. M., Sharp, L. B., & Kenyon, A. S. (2012). Technology-enhanced assessment of math fact automaticity. *Assessment for Effective Intervention*, 37(2), 84–94. <https://doi.org/10.1177/1534508411430321>
- Sugiyono. (2012). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R & D*. CV Alfabeta.
- Suryana, E., Lestari, A., & Kasinyo, H. (2022). Teori pemrosesan informasi dan implikasinya dalam pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Mandala Education (JIME)*, 8(3), 1853–1862.
- Swanson, H. L. (1999). Instructional components that predict treatment outcomes for students with learning disabilities: Support for a combined strategy and direct instruction model. *Learning Disabilities Research and Practice*, 14(3), 129–140. https://doi.org/10.1207/sldrp1403_1
- Woodward, J. (2006). Developing automaticity in multiplication facts: Integrating strategy instruction with timed practice drills. *Learning Disability Quarterly*, 29(4), 269–289. <https://doi.org/10.2307/30035554>