



WORKING MEMORY DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA: SEBUAH KAJIAN TEORI

Vera Dewi Susanti^{1*}, Dwijanto², Scolastika Mariani³

^{1,2,3} Universitas Negeri Semarang, Indonesia

*Corresponding Author: veras3mathedu@students.unnes.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: 13/12/2021

Direvisi : 17/12/2021

Disetujui: 19/12/2021

Keywords:

*Working Memory,
Mathematics*

Kata Kunci:

*Working Memory,
Matematika*

Abstract. *The purpose of this study is to describe how short-term memory is in learning mathematics. This research method is a literature study. Literature study examines theories based on books, articles, notes, and reports related to the problems studied. The sources of data needed by researchers in this literature review are using primary sources and secondary sources. Data analysis aims to obtain answers from the formulation of the problem that has been determined, data analysis is carried out in an inductive and interpretive way. The result of this research is that the source of working memory during learning is explained in single-digit arithmetic learning, multi-digit arithmetic learning. Meanwhile, working memory in children with math difficulties is found in verbal working memory and visual-spatial working memory.*

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan bagaimana *short term memory* dalam pembelajaran matematika. Metode penelitian ini adalah studi kepustakaan. Studi kepustakaan mengkaji teori-teori berdasarkan buku, artikel, catatan-catatan serta laporan-laporan yang berkaitan dengan masalah yang dikaji. Adapun sumber data yang dibutuhkan peneliti pada kajian kepustakaan ini yakni menggunakan sumber primer dan sumber sekunder. Analisis data bertujuan untuk memperoleh jawaban dari rumusan masalah yang sudah ditentukan, analisis data dilakukan dengan cara induktif dan interpretatif. Hasil dari penelitian ini adalah pada sumber *working memory* selama pembelajaran dijelaskan pada pembelajaran aritmatika satu digit, pembelajaran aritmatika multi digit. Sedangkan *working memory* pada anak-anak dengan kesulitan matematika terdapat pada *verbal working memory* dan *visual-spasial working memory*.

How to Cite: Susanti, V. D., Dwijanto, D., & Mariani, S. (2022). *WORKING MEMORY DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA:SEBUAH KAJIAN TEORI. Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 3(1), 62-70. <https://doi.org/10.37478/jpm.v3i1.1405>

Alamat korespondensi:

Jalan Setia Budi 85 Madiun

veras3mathedu@students.unnes.ac.id

Penerbit:

Program Studi PGSD Universitas Flores.

primagistrauniflor@gmail.com

PENDAHULUAN

Belajar merupakan suatu kegiatan untuk memperoleh pengetahuan. Pengetahuan tersebut dapat disimpan di dalam memori melalui proses pengkonstruksian pengetahuan baru atau rekonstruksi pengetahuan lama. Pengetahuan disini diperlukan suatu proses kognitif.

Teori kognitif mengembangkan metode-metode pembelajaran berdasarkan karakter dan fungsi sistem memori dalam mengorganisasikan informasi (Pass, Renkl, & Sweller, 2004; Sweller, 2004). Proses kognitif yang baik akan menghasilkan pengetahuan tersebut menjadi *long term memory*. Namun jika proses kognitif rendah akan menjadi *working memory*. *Working memory* mengacu pada sistem yang dianggap perlu untuk mengingat hal-hal saat melakukan tugas-tugas kompleks seperti penalaran, pemahaman, dan pembelajaran (Baddeley, 2010). Istilah kerja memori diciptakan pada tahun 1960 oleh Miller, Galanter dan Pribram dalam buku klasik mereka yang berjudul “*Plans and the Structure of Behaviour*” (Atkinson & Shiffrin, 1968), dan diadopsi sebagai judul untuk model multikomponen oleh Baddeley & Halangan Baddeley (1974). Konsep *working memory* ini berevolusi dari memori jangka pendek yang berarti bahwa penyimpanan sementara sejumlah pengetahuan selama periode waktu yang singkat (Baddeley, 2010).

Tujuan umum pada proses kognitif adalah sebagai *working memory* yang melibatkan pengembangan matematika (Geary, et al., 2007; Butterworth & Reigosa, 2007). Banyak penelitian terbaru mendukung gagasan bahwa *working memory* berperan penting dalam kinerja pada penyelesaian tugas matematika. Sehingga, memory kerja meskipun hanya sebagai memori jangka pendek, namun juga berperan penting dalam matematika. Hal ini disebabkan *working memory* bertanggung jawab untuk memproses informasi dan menindaklanjuti informasi tersebut. Memori kerja juga menggambarkan seberapa kapasitas dari jumlah informasi yang bisa ditangani. Sehingga *working memory* yang baik dapat

berpengaruh positif terhadap menentukan solusi keputusan dalam menyelesaikan masalah matematika.

Dalam artikel ini akan diulas teori yang mendukung apakah sumber daya *working memory* ada selama pembelajaran matematika dan apakah masalah *working memory* membedakan siswa dengan kesulitan dalam matematika dari siswa berprestasi.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah studi kepustakaan dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Sukmadinata (2009) mengatakan bahwa penelitian kualitatif adalah penelitian dengan mendeskripsikan dan menganalisis mengenai peristiwa, aktivitas sosial, kepercayaan, sikap, persepsi dan gagasan. Melalui pendekatan kualitatif, peneliti melakukan analisis dengan proses-proses menguraikan, menjelaskan serta mendeskripsikan secara rinci dan mendalam melalui studi kepustakaan. Studi kepustakaan mengkaji teori-teori berdasarkan buku, artikel, catatan-catatan serta laporan-laporan yang berkaitan dengan masalah yang dikaji.

Studi kepustakaan ini dipakai untuk mendapatkan dasar-dasar serta buah pikiran secara tertulis yang dilaksanakan dengan teknik memahami beraneka macam literatur sesuai dengan pokok permasalahan yang akan diteliti. Adapun sumber data yang dibutuhkan peneliti pada kajian kepustakaan ini yakni menggunakan sumber primer dan sumber sekunder. Sumber data primer disini adalah peneliti sendiri. Sedangkan sumber sekunder adalah artikel, *web* dan buku tentang *working memory*. Analisis data bertujuan untuk memperoleh jawaban dari rumusan masalah yang sudah ditentukan, analisis data dilakukan dengan cara induktif dan interpretatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Teori: *Working memory* dalam matematika

Dalam kehidupan sehari-hari, suatu ingatan akan lebih mengesankan, ketika seseorang mengerjakan berbagai tugas kompleks dalam waktu singkat (Miyake & Shah, 1999). Seseorang yang menerima suatu



informasi, maka informasi tersebut masuk pada *working memory*. *Working memory* tersebut sebagai dasar memutuskan jenis informasi apa yang berguna dan paling banyak informasinya (Brown, 2004; Cowan, 2005; Goldberg, 2001). *Working memory* bisa disebut dengan *short term memory*. Secara fungsi, memori ini bertugas untuk mengorganisasikan informasi, memberi makna informasi dan membentuk pengetahuan untuk disimpan di memori (Retnowati, 2008).

George Miller Pada tahun 1956 mengungkapkan bahwa *working memory* mempunyai kapasitas yang terbatas, yaitu sekitar 5 sampai dengan 9 elemen informasi dalam satu waktu. Miller juga menggunakan istilah *chunk* untuk menggambarkan unit dasar dalam memori jangka pendek. *Chunk* ini merupakan unit memori yang terdiri dari beberapa komponen yang berkaitan satu sama lain (Cowan et al., 2004). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi *working memory* yaitu waktu pengucapan dan kesamaan arti. Ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa waktu pengucapan sangat mempengaruhi jumlah item yang dapat kita simpan dalam *working memory* (Hulme et al., 2004; Hulme et al., 2006; Tolan & Tehan, 2005).

Kajian Teori: Sumber daya *working memory* ada selama pembelajaran matematika

Peran *working memory* dalam matematika atau dalam tugas kognitif tertentu dapat dilihat pada metode tugas utama. Tugas utama berkaitan dengan soal pemecahan masalah. Selain tugas utama ada tugas sekunder. Tugas sekunder dipilih untuk mewakili komponen yang berbeda dari sistem *working memory* misalnya tugas verbal (De Rammelaere, Stuyven, & Vandierendonck, 1999; Hecht, 2002). Ada juga tugas lain seperti tugas visual-spasial (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000). Tugas sekunder ini berkaitan dengan tugas pengayaan atau remedial yang isinya merupakan pendalaman lebih jauh daripada tugas utama. Jika tugas utama dan tugas sekunder diberikan kepada siswa secara bersamaan maka sumber daya kognitif

dalam menyelesaikan tugas utama akan menjadi lebih buruk karena tugas sekunder menjadi lebih menuntut. Penelitian terkait tugas utama memberikan bukti bahwa proses spesifik dalam penyelesaian tugas dapat meningkatkan kinerja *working memory*.

a. Pembelajaran aritmatika satu digit

Beban eksekutif pusat menghambat penyelesaian permasalahan satu digit di seluruh operasi aritmatika (Ashcraft et al., 1992; De Rammelaere, Stuyven, & Vandierendonck, 2001; Hecht, 2002; Lemaire, Abdi, & Fayol, 1996; Seitz & Schumann Hengsteler, 2000; 2002). Sebaliknya, apakah loop fonologis atau sketsa visual-spasial terlibat dalam perhitungan satu digit tergantung pada tingkat masalah pada operasi matematika, bagaimana aritmatika satu digit dipelajari (DeStefano & LeFevre, 2004), dan pemilihan strategi (Hecht, 2002).

Bukti peran loop fonologi dalam penambahan dan pengurangan tampaknya sebagian besar tidak bergantung pada operasi yang sedang dipertimbangkan, tetapi strategi yang digunakan untuk menyelesaikan perhitungan. Penggunaan strategi melaporkan bahwa beban fonologis mengganggu kinerja pada uji coba di mana strategi penghitungan digunakan (Hecht, 2002; Imbo & Vandierendonck, 2007). Apakah beban fonologis mengganggu kinerja pada masalah pengurangan juga kemungkinan tergantung pada penggunaan strategi, seperti menghitung mundur atau transformasi (Imbo & Vandierendonck, 2007; Seyler, Kirk, & Ashcraft, 2003).

Untuk sebagian besar, interferensi fonologis belum terbukti merusak kinerja pada masalah perkalian satu digit, terutama untuk masalah perkalian yang mudah (De Rammelaere et al., 2001; Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000; 2002), konsisten dengan gagasan bahwa akses ke informasi permanen dalam memori jangka panjang tidak memerlukan intervensi oleh sistem memori yang bekerja (Baddeley, 1990; 1996). Namun, beban fonologis mengganggu kinerja perkalian satu digit pada mahasiswa jurusan bahasa Korea (Lee & Kang, 2002), yang mungkin mengandalkan kode fonologis saat menyimpan dan mengakses fakta perkalian

dibandingkan dengan individu yang diajarkan dalam bahasa lain misalnya bahasa Inggris dan Jerman (DeStefano & LeFevre, 2004). Penelitian terkait menunjukkan bahwa individu berbahasa Cina menyimpan dan mengakses fakta perkalian menggunakan kode fonologis karena struktur bahasa mereka untuk angka dan karena faktor pendidikan yang terkait dengan bagaimana fakta perkalian diajarkan (LeFevre et al., 2001).

b. Pembelajaran Muti-digit Aritmatic

Tidak berbeda dengan perhitungan satu digit, perhitungan multi-digit membutuhkan penyelesaian dengan aritmatika sederhana terlebih dahulu. Namun, itu juga membutuhkan langkah tambahan dari penyelesaian numerik. Secara khusus, aritmatika multi-digit melibatkan penguasaan jumlah dalam pengelolaan permasalahan, terutama dalam tugas utama karena multi-digit aritmatika dilakukan berpikir lebih mendalam. Sebuah penelitian selama dekade terakhir menunjukkan bahwa variabel, seperti auditori dengan mempengaruhi komponen *working memory* yang mana suatu masalah yang membutuhkan atau tidak memerlukan bantuan pada aritmatika sederhana.

Banyak penelitian menunjukkan bahwa *working memory* membutuhkan sumber daya dari eksklusif pusat dan lingkaran fonologis (DeStefano & LeFevre, 2004). Lingkaran fonologis merupakan bagian dari *working memory* yang berhubungan dengan materi lisan dan tulisan. Loop fonologis melibatkan multi-digit aritmatika ketika masalah disajikan baik dalam visual karena seorang dapat menerjemahkan informasi yang disajikan secara visual ke dalam kode fonologis untuk penyimpanan sementara (Noel et al., 2001). Sketsa visual-spasial mungkin diambil ketika masalah disajikan secara visual (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000). Eksklusif pusat secara konsisten dianggap penting untuk membawa operasi tambahan (Imbo, Vandierendonck, & De Rammelaere, 2007; Seitz & Schumann-Hengsteler, 2002), tetapi terlihat peran terbatas untuk loop fonologis dalam Furst & Hitch, 2000: Exp 2, dan dalam perkalian kompleks (Imbo, Vandierendonck, &

Vergauwe, 2008; Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000; 2002). Meningkatnya peran pusat eksekutif juga terlibat di seluruh operasi sebagai jumlah atau operasi pengurangan meningkat dan dengan nilai yang lebih tinggi (Imbo et al., 2007, 2008).

Kajian Teori: *Working memory* pada anak-anak dengan kesulitan matematika

Beberapa penelitian menunjukkan adanya perbedaan tingkat literatur yang ditemukan pada anak yang memiliki tingkat kognitif rendah maupun ada kecacatan mental dengan anak normal. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa anak dengan kognitif lebih rendah akan banyak mengalami kesulitan dalam matematika dibandingkan dengan anak dengan kognitif tinggi. Untuk selanjutnya akan diulas perbedaan anak berdasarkan kinerja *working memory* pada anak-anak dengan kesulitan matematika dan tanpa kesulitan dalam matematika. Tingkat kesulitan dalam matematika akan mendasarinya kelemahan kognitif yang dapat mempengaruhi kinerja matematika anak (Geary et al., 2007; Mazzocco, 2007; Fletcher et al., 2007). Tingkat kesulitan dalam menyelesaikan pemecahan masalah sangat mempengaruhi hubungan *working memory* dan matematika. Kesulitan pada *verbal working memory* dan *visual-spasial working memory* pada anak dalam kesulitan matematika lebih rinci akan dijelaskan sebagai berikut.

a. *Verbal working memory* dan kesulitan matematika

Sebuah meta-analisis baru-baru ini dari dua puluh delapan penelitian yang membandingkan karakteristik anak-anak dengan kesulitan matematika dan tanpa kesulitan matematika menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dalam *verbal working memory* pada anak dengan kesulitan matematika yang dilihat dari usia, IQ dan memori jangka pendek (Swanson & Jerman, 2006). Namun, tingkat *verbal working memory* menggunakan informasi angka karena beberapa penelitian menggabungkan kerja verbal dan numeric tugas memori (Geary et al., 2007; Geary et al., 2008) dan penelitian lain hanya menggunakan tugas numerik sebagai: indikator *verbal working*



memory (Geary, Hamson, & Hoard, 2000; Hoard & Hamson, 1999; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Wu et al., 2008). Meskipun mengerjakan tugas yang menggunakan informasi numerik dianggap juga memerlukan *verbal working memory*, tugas-tugas ini juga telah disebut sebagai *working memory* spesifik domain (LeFevre et al., 2005).

Numeric working yang paling umum digunakan tugas memori adalah rentang digit mundur, di mana siswa disajikan dengan urutan bilangan dan diminta untuk mereproduksi urutan dalam urutan kebalikan; dan menghitung rentang, yang melibatkan mengingat jumlah objek yang dihitung, untuk contoh, menghitung titik kuning dalam satu set titik kuning dan biru untuk sejumlah set tertentu (biasanya 2–5), dan kemudian mengingat dihitung untuk setiap set dalam urutan yang benar. Asumsi bahwa tugas *numeric working memory* adalah ukuran *de facto* dari *verbal working memory* dan tugas *numeric working memory* yang berbeda memberikan ukuran serupa dari *verbal working memory*.

Kesulitan matematika diprediksi lebih konsisten dengan menghitung rentang versus rentang angka mundur. Dalam beberapa penelitian, menghitung rentang membedakan anak dengan kesulitan matematika dari pencapaiannya (Andersson & Lyxell, 2007; Geary et al., 2004; Hitch & McAuley, 1991; Passolunghi & Siegel, 2001, 2004; Wu et al., 2008). Temuan ini tidak konsisten untuk rentang digit mundur, beberapa penelitian melaporkan temuan nol (Geary et al., 2000; Landerl et al., 2004; Van der Sluis et al., 2005); penelitian lain menemukan perbedaan antara kelompok anak-anak dengan kesulitan matematika dan biasanya mencapai anak-anak (D'Amico & Guarnera, 2005; Fuchs et al., 2008; Passolunghi & Cornoldi, 2008; Passolunghi & Siegel, 2001, 2004; Rosselli et al., 2006; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004; Wu et al., 2008); dan penelitian lain juga menemukan bahwa rentang angka ke belakang secara khusus membedakan anak-anak dengan tingkat kesulitan matematika dari anak-anak dengan kesulitan matematika yang sedang, dan anak-anak dengan

berprestasi dalam matematika (Mabbot & Bisanz, 2008).

b. *Visual-spasial working memory* dan kesulitan matematika

Visual-spasial working memory lebih jarang digunakan daripada tugas verbal atau *numerik working memory* dalam penelitian matematika. *Visual-spasial working memory* dan sketsa visual-spasial kadang-kadang dibagi lagi menjadi penyimpanan informasi visual statis, seperti informasi tentang bentuk dan warna, dan penyimpanan informasi visual dinamis, seperti informasi tentang gerak, lokasi, dan arah. Bagian-bagian dari literatur tentang apakah perbedaan kritis dalam domain nonverbal adalah antara visual *working memory* dan visual-spasial *working memory* yang membuat perbedaan antara pemrosesan berbasis objek atau informasi berbasis lokasi, (Baker et al., 1996) atau antara aspek pasif dan aktif dari kerja visual-spasial yang disajikan, dan yang terakhir membutuhkan manipulasi itu informasi seperti penarikan mundur (Cornoldi et al., 2000).

Tugas visual statis yang umum termasuk tugas matriks statis dan varian, tugas rentang matriks visual. Dalam keadaan statis tugas matriks, anak diminta untuk mengingat lokasi blok target hitam dalam tampilan di mana setengah blok berwarna hitam dan setengahnya berwarna putih. Tugas rentang matriks visual mirip dengan statis tugas matriks, namun, setelah tampilan, anak diminta membuat pertanyaan (misalnya Informasi apa yang ada pada baris pertama? kolom?), dan kemudian diminta untuk mengingat lokasi salah satu informasi baik baris dan kolom. Tugas visual-spasial dinamis mencakup matriks dinamis.

SIMPULAN DAN SARAN

Working memory mengacu pada sistem yang dianggap perlu untuk mengingat hal-hal saat melakukan tugas-tugas kompleks seperti penalaran, pemahaman, dan pembelajaran. Secara fungsi *working memory* atau *short term memory* berguna untuk mengorganisasikan informasi, memberi makna informasi dan membentuk pengetahuan untuk disimpan di memori.



Working memory mempunyai kapasitas yang terbatas, yaitu sekitar 5 sampai dengan 9 elemen informasi dalam satu waktu. Sumber daya *working memory* ada selama pembelajaran matematika Namun sumber daya tersebut tidak dapat bekerja secara maksimal jika seorang siswa diberikan tugas ganda. Terdapat karakteristik anak-anak dengan kesulitan matematika dan tanpa kesulitan matematika menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dalam *verbal working memory* pada anak dengan kesulitan matematika yang dilihat dari usia, IQ dan memori jangka pendek. Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian tindakan atau penelitian analitis terkait *working memory* dan diharapkan hasil penelitian tersebut juga sebagai dasar memperkuat teori yang sudah ada atau bisa menghasilkan temuan baru yang merujuk pada teori baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197–228. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.10.001>
- Ashcraft, M. H., Donley, R. D., Halas, M. A., & Vakali, M. (1992). Working memory, automaticity, and problem difficulty. In J. I. D. Campbell (Ed.), *The nature and origins of mathematical skills* (pp. 301–329). Amsterdam: Elsevier Science Publishers. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)60890-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)60890-0)
- Atkinson, R.C., and Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence and J.T. Spence (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. (Vol. 2, pp. 89–195). New York: Academic Press. 2. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current biology*, 20(4), R136-R140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice US*: Allyn & Bacon. [Google Scholar](#)
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49A, 5–28. [Google Scholar](#)
- Baddeley, A.D., and Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). New York: Academic Press. [Google Scholar](#)
- Baker, S. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1996). Active representation of shape and spatial location in man. *Cerebral Cortex*, 6, 612–619. <https://doi.org/10.1093/cercor/6.4.612>
- Brown, J. (2004). Memory: Biological basis. In R. L. Gregory (Ed.), *The Oxford companion to the mind* (2nd ed., pp. 564–568). New York: Oxford University Press. [Google Scholar](#)
- Butterworth, B., & Reigosa, V. (2007). Information processing deficits in dyscalculia. In D. B. Berch & M.M.M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 107–120). Baltimore, Maryland: Paul H. Brookes Publishing Co. [Google Scholar](#)
- Cornoldi, C., Rigoni, F., Venneri, A., & Vecchi, T. (2000). Passive and active processes in visuo-spatial memory: Double dissociation in developmental learning disabilities. *Brain and Cognition*, 43, 117–120. [Google Scholar](#)
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York: Psychology Press. [Google Scholar](#)
- D'Amico, A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences*, 15,



- 189–202.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.01.002>
- De Rammelaere, S., Stuyven, E., & Vandierendonck, A. (1999). The contribution of working memory resources in the verification of simple mental arithmetic sums. *Psychological Research*, 62, 72–77.
<https://doi.org/10.1007/s004260050041>
- De Rammelaere, S., Stuyven, E., & Vandierendonck, A. (2001). Verifying simple arithmetic sums and products: Are the phonological loop and the central executive involved? *Memory and Cognition*, 29, 267–273.
<https://doi.org/10.3758/BF03194920>
- DeStefano, D., & LeFevre, J. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 353–386.
<https://doi.org/10.1080/09541440244000328>
- Fletcher, J. M., Lyon, G. R., Fuchs, L. S., & Barnes, M. A. (2007). *Learning disabilities: From identification to intervention*. New York: The Guilford Press. [Google Scholar](#)
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Stuebing, K., Fletcher, J. M., Hamlett, C. L., & Lambert, W. (2008). Problem solving and computational skill: Are they shared or distinct aspects of mathematical cognition? *Journal of Educational Psychology*, 100, 30–47.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.30>
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (2014). *Working memory and language*. Psychology Press. [Google Scholar](#)
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236–263.
<https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2561>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213–239.
<https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2515>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 121–151.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.03.002>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78, 1343–1359.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2007). Strategy use, long-term memory, and working memory capacity. In D. B. Berch & M.M.M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 83–105). Baltimore, Maryland: Paul H. Brookes Publishing Co. [Google Scholar](#)
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277–299. [Google Scholar](#)
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press. [Google Scholar](#)
- Hecht, S. A. (2002). Counting on working memory in simple arithmetic when counting is used for problem solving.



- Memory and Cognition, 30, 447–455. [Google Scholar](#)
- Hitch, G. J., & McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology*, 82, 375–386. [Google Scholar](#)
- Hulme, C., Suprenant, A. M., Bireta, T. J., Stuart, G., & Neath, I. (2004). Abolishing the word-length effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(1), 98. [Google Scholar](#)
- Hulme, C., Neath, I., Stuart, G., Shostak, L., Surprenant, A. M., & Brown, G. D. (2006). The distinctiveness of the word-length effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(3), 586.. [Google Scholar](#)
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 284–309. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.09.001>
- Imbo, I., Vandierendonck, A., & Vergauwe, E. (2008). The role of working memory in carrying and borrowing. *Psychological Research*, 71, 467–483. <https://doi.org/10.1007/s00426-006-0044-8>
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9 year-old students. *Cognition*, 93, 99–125. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.11.004>
- Lee, K., & Kang, S. (2002). Arithmetic operation and working memory: Differential suppression in dual tasks. *Cognition*, 83, B63–B68. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(02\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(02)00010-0)
- LeFevre, J., DeStefano, D., Coleman, B., & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. In J. I. D. Campbell (Ed.), *The handbook of mathematical cognition* (pp. 361–378). New York: Psychology Press. [Google Scholar](#)
- LeFevre, J., Lei, Q., Smith-Chant, B., & Mullins, D. (2001). Multiplication by eye and by ear for Chinese-speaking and English-speaking adults. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55, 277–284. [Google Scholar](#)
- Lemaire, P., Abdi, H., & Fayol, M. (1996). The role of working memory resources in simple cognitive arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 73–103. <https://doi.org/10.1080/095414496383211>
- Mabbot, D. J., & Bisanz, J. (2008). Computational skills, working memory, and conceptual knowledge in older children with mathematics learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 41, 15–28. <https://doi.org/10.1177/0022219407311003>
- Miller, R. (1956). The Magic Number of Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81-97. [Google Scholar](#)
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). Toward unified theories of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 442–481). New York: Cambridge University Press. [Google Scholar](#)
- Noel, M. -P., Desert, M., Aubrun, A., & Seron, X. (2001). Involvement of short-term memory in complex mental calculation. *Memory and Cognition*, 29, 34–42. <https://doi.org/10.3758/BF03195738>
- Pass, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 1-8. [Google Scholar](#)
- Passolunghi, M. C., & Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children



- with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, 14, 387–400. <https://doi.org/10.1080/09297040701566662>
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44–57. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2626>
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 348–367. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.04.002>
- Retnowati, E. (2008). Keterbatasan memori dan implikasinya dalam mendesain metode pembelajaran matematika. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* (pp. 978-979). [Google Scholar](#)
- Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30, 801–818. https://doi.org/10.1207/s15326942dn3003_3
- Seitz, K., & Schumann-Hengsteler, R. (2000). Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12, 552–570. <https://doi.org/10.1080/095414400750050231>
- Seitz, K., & Schumann-Hengsteler, R. (2002). Phonological loop and central executive processes in mental addition and multiplication. *Psychologische Beiträge*, 44, 275–302. [Google Scholar](#)
- Seyler, D. J., Kirk, E. P., & Ashcraft, M. H. (2003). Elementary subtraction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 1339–1352. [Google Scholar](#)
- Sukmadinata, N.S. 2009. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya. [Google Scholar](#)
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 96, 471–491. [Google Scholar](#)
- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*, 76, 249–274. <https://doi.org/10.3102/00346543076002249>
- Sweller, J. (2004). Instructional Design Consequences of an Analogy between Evolution by Natural Selection and Human Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 9-31. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021808.72598.4d>
- Tolan, G. A., & Tehan, G. (2005). Is spoken duration a sufficient explanation of the word length effect? *Memory*, 13, 372–379. <https://doi.org/10.1080/09658210344000305>
- Van der Sluis, S., van der Leij, A., & de Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 207–221. <https://doi.org/10.1177/00222194050380030301>
- Wu, S. S., Meyer, M. L., Maeda, U., Salimpoor, V., Tomiyama, S., Geary, D. C., et al. (2008). Standardized assessment of strategy use and working memory in early mental arithmetic performance. *Developmental Neuropsychology*, 33, 365–393. <https://doi.org/10.1080/87565640801982445>

