

Keterbatasan Memori dan Implikasinya dalam Mendesain Metode Pembelajaran Matematika

Endah Retnowati, M.Ed.

Jurusan Pendidikan Matematika

Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Proses kognitif melibatkan tiga unsur utama dalam sistem memori manusia, yaitu memori penginderaan, memori pekerja dan memori jangka panjang. Memori penginderaan dan memori bekerja mempunyai keterbatasan dalam menyimpan (menahan) informasi, baik jumlah maupun durasinya. Memori penginderaan berfungsi untuk mempersepsikan informasi yang diterima oleh alat indera, yang kemudian akan dipilih dan diberi makna oleh memori bekerja. Memori pekerja berfungsi untuk mengorganisasikan informasi tersebut, membentuk (mengkonstruksi) pengetahuan dan menyimpannya ke memori jangka panjang. Memori jangka panjang mempunyai ketakterbatasan dalam menyimpan informasi. Informasi di dalam memori jangka panjang berperan penting dalam proses-proses kognitif selanjutnya.

Proses kognitif dalam sistem memori ini menentukan bagaimana pengetahuan dibangun dan disimpan dengan baik oleh seseorang. Oleh karenanya, prinsip kerja (fungsi) dari setiap unsur di sistem memori berkonsekuensi dalam penyajian materi pembelajaran. Sedangkan, teknik penyajian materi pembelajaran turut menentukan keefektifan metode pembelajaran yang dilaksanakan. Artikel ini akan membahas sistem memori yang terlibat dalam proses pembentukan pengetahuan dan implikasinya dalam mendesain metode pembelajaran matematika efektif.

Kata kunci: proses kognitif, konstruksi pengetahuan, metode pembelajaran

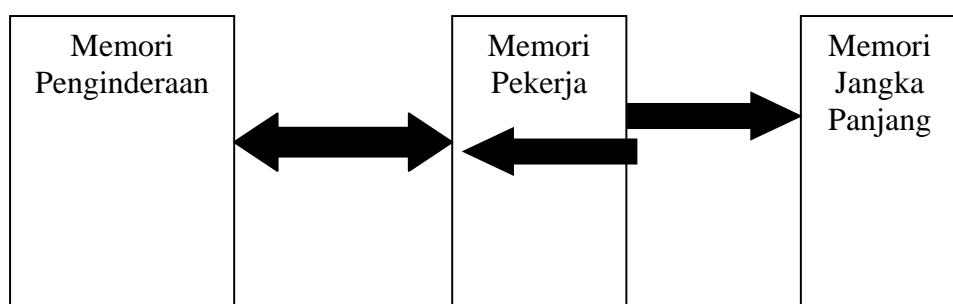
A. Pendahuluan

Belajar adalah suatu perubahan susunan pengetahuan yang telah disimpan di dalam memori melalui proses pengkonstruksian pengetahuan baru atau rekonstruksi pengetahuan lama. Proses belajar atau pembelajaran melibatkan sistem memori (disebut juga sistem kognitif) untuk mengolah informasi yang sedang dipelajari. Sehingga, untuk mendesain metode pembelajaran yang efektif, perlu memperhatikan bagaimana proses kognitif dalam membangun pengetahuan. Teori beban kognitif mengembangkan metode-metode pembelajaran berdasarkan karakter dan fungsi sistem memori dalam mengorganisasikan informasi (Pass, Renkl, & Sweller, 2004; Sweller, 2004). Artikel ini membahas proses kognitif dalam sistem memori, implikasinya dalam mendesain metode pembelajaran dan contoh-contoh metode pembelajaran matematika menggunakan prinsip yang dikembangkan berdasarkan sistem kognitif manusia.

B. Proses Kognitif

Informasi yang diterima oleh manusia diolah oleh suatu sistem memori yang ada di otak untuk dapat dikenali, diorganisasikan dan direspon. Pemrosesan informasi untuk menjadi pengetahuan yang tersimpan dalam memori manusia atau proses pengolahan pengetahuan di memori disebut dengan proses kognitif. Proses ini disebut juga proses mental kognitif.

Diskusi dan penelitian mengenai proses kognitif sudah dimulai sejak puluhan tahun yang lalu. Shiffrin dan Atkinson (1969) menyusun diagram sistem pemrosesan informasi yang dapat disederhanakan sebagai berikut:



Gambar 1 . *Modal Model* (diadaptasi dari Shiffrin & Atkinson, 1969, p. 180)

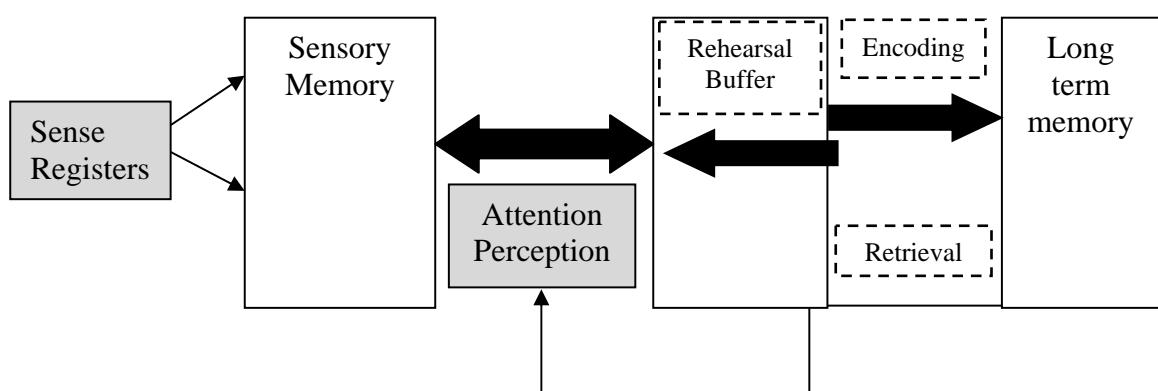
Diagram sistem pemrosesan informasi yang paling mendasar ini kemudian dikenal dengan *Modal Model* (Bruning, Scraw, Norby, & Ronning, 2004). Diagram ini telah

dikembangkan lebih lanjut oleh J. Anderson (Teori ACT), A. Baddeley (Klasifikasi memori pekerja) dan K. Ericsson (Pengembangan keahlian/ekspertis). Karakter dan fungsi dari masing-masing bagian sistem kognitif tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Memori Penginderaan (*Sensory Memory*)

Memori penginderaan adalah komponen paling pertama yang menerima informasi. Untuk memberikan persepsi dan identifikasi awal informasi yang diterima, memori ini mengubah informasi dalam bentuk signal-signal stimulus. Penelitian menunjukkan bahwa memori ini menahan signal-signal tersebut untuk memberikan persepsi dan identifikasi dalam waktu yang sangat pendek (kurang dari satu mikro detik) dan signal tersebut akan segera hilang dari memori ini karena datangnya signal-signal stimulus berikutnya (Bruning et al., 2004).

Memori penginderaan merupakan suatu sistem yang terdiri dari penerima atau penerus informasi (sense registers). Penerima informasi dikenal dengan alat pengindera, seperti mata (untuk melihat dan menerima pandangan/informasi visual), telinga (untuk mendengar dan menerima suara/informasi auditori), hidung (untuk membau), lidah (untuk merasa) dan kulit (untuk meraba). Meskipun setiap alat pengindera tersebut mempunyai kemampuan yang berbeda, sebagian besar peneliti lebih memfokuskan pada penglihatan dan pendengaran.



Gambar 2. Alat pengindera, perhatian dan persepsi yang terlibat dengan sensory memory

Ada tiga proses yang terjadi ketika memori pengindera menerima suatu informasi: perhatian, persepsi atau pengenalan pola dan pemberian makna. Perhatian adalah langkah

pertama yang dilakukan oleh memori pengindera untuk mendeteksi dan memperhatikan datangnya suatu stimulus. Seseorang memberikan perhatian terhadap suatu informasi dengan mengalokasikan muatan kognitif terhadap informasi tersebut. Pemberian perhatian terhadap datangnya suatu informasi dapat terjadi secara otomatis (tidak sadar) maupun secara sadar (disengaja), tergantung dari pengetahuan awal yang tersedia di memori jangka panjang. Pengetahuan awal (*prior knowledge*) adalah informasi yang sebelumnya telah dipelajari dan disimpan di memori jangka panjang.

Di dalam memori penginderaan, informasi yang dipilih (diperhatikan) diuraikan menjadi sinyal-sinyal yang akan dipersepsikan dengan mengenali polanya, tanpa perlu memahami maknanya, menggunakan pengetahuan awal. Pengetahuan awal ini dapat berupa prototype, analisis bentuk atau deskripsi suatu bentuk. Pengetahuan awal ini menentukan bagaimana memori pengindera mempersepsikan suatu stimulus. Apabila perhatian untuk mengindera stimulus tersebut ditingkatkan, maka alat pengindera akan mengumpulkan lebih banyak informasi yang berkaitan dan mengabaikan informasi yang tidak berkaitan. Kemudian, sistem ini akan mengirimkan ke sistem memori berikutnya (*working memory*) untuk memberikan dan mengorganisasikan makna informasi tersebut. Memori penginderaan tidak berfungsi untuk mempelajari informasi, tetapi memperhatikan informasi dan mengenali polanya.

Implikasi dari fungsi memori penginderaan ini antara lain: (1) memori pengindera hanya dapat mengolah informasi dalam jumlah terbatas, sehingga penyajian materi pembelajaran perlu didesain sedemikian sehingga informasi-informasi kunci dapat diterima oleh siswa dengan baik; (2) memori penginderaan dapat menerima informasi dari kelima alat indera, sehingga mengkombinasikan sajian informasi, misalnya, visual (tertulis) dan verbal, dapat meningkatkan jumlah informasi yang mampu diterima oleh memori pengindera.

2. *Working Memory* (Memory Pekerja)

Ketika saat ini kita sedang memikirkan suatu informasi, maka kita sedang menghadirkan informasi tersebut di memori pekerja. Memori pekerja sebelumnya dikenal dengan memori jangka pendek (*short term memory*). Secara fungsi, memori ini bertugas untuk mengorganisasikan informasi, memberi makna informasi dan membentuk pengetahuan untuk disimpan di memori jangka panjang, sehingga disebut memori pekerja. Secara

kapasitas, memori ini hanya dapat menyimpan (menahan) informasi dalam waktu pendek, sehingga disebut memori jangka pendek.

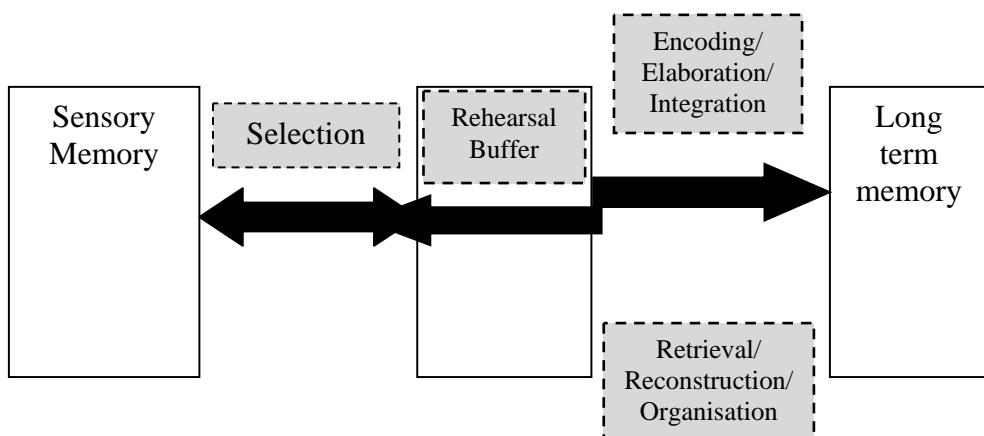
Berikut ini adalah suatu permasalahan yang mungkin ditemui dalam kehidupan sehari-hari:

Jika tanggal 4 Juni 2008 jatuh pada hari Senin, jatuh pada hari apakah tanggal 27 Juni 2008?

Bagi siswa yang tidak seringa tau belum pernah mengerjakan permasalahan seperti di atas, permasalahan tersebut adalah sesuatu yang awam. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, ada beberapa informasi yang perlu diolah secara simultan dengan mengaitkan satu informasi dengan informasi yang lain. Pada umumnya, siswa tidak dapat menyelesaikannya secara langsung meskipun permasalahan tersebut terkesan sederhana. Contoh permasalahan tersebut juga menunjukkan bahwa memori pekerja kita mempunyai kapasitas terbatas untuk mengolah informasi awam secara simultan.

Bawa memori pekerja mempunyai kapasitas yang terbatas, yaitu sekitar 5 sampai dengan 9 elemen informasi dalam satu waktu, telah ditunjukkan oleh Robert Miller (1956). Dalam penelitiannya, Miller menyajikan kata-kata yang susunanya tidak bermakna dan kemudian meminta responden untuk menyatakannya kembali. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar responden hanya mampu mengingat antara lima sampai dengan sembilan kata. Penelitian yang sama diulang oleh Peterson dan Peterson pada tahun 1959 (dalam Bruning et al., 2004) yang menyatakan bahwa banyaknya informasi yang dapat ditahan oleh memori pekerja akan semakin menurun setelah beberapa waktu. Dengan kata lain, memori pekerja kita mempunyai keterbatasan kapasitas dan durasi dalam mengolah informasi secara simultan.

Gambar 3 di bawah ini dapat diilustrasikan sebagai berikut. Informasi yang telah dikenali polanya oleh memori penginderaan dan dipilih untuk diberi makna dikirim ke memori pekerja melalui proses *selection*. Memori pekerja akan memberi makna informasi tersebut dengan memanggil (*retrieval*) pengetahuan awal yang telah disimpan di memori jangka panjang. Informasi yang telah diolah dalam memori pekerja akan disimpan ke dalam memori jangka panjang melalui koding (*encoding*) pengetahuan baru atau dengan mengelaborasi (*elaboration*) atau mengintegrasikan (*integration*) pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah ada. *Rehearsal* adalah suatu proses pengulangan informasi baik dengan dilafalkan maupun tidak.



Gambar 3. Aktivitas yang terlibat dalam working memory

Jika memori jangka panjang tidak cukup mempunyai pengetahuan awal yang menjadi prasyarat untuk memaknai dengan tepat informasi yang sedang diolah, maka memori pekerja akan kesulitan memberikan makna dan mengkonstruksi pengetahuan tersebut sebagai pengetahuan. Dengan kata lain, memori pekerja kelebihan beban memahami permasalahan. Namun, jika terdapat pengetahuan prasyarat (*prerequisite knowledge*) yang cukup untuk mengolah informasi yang sedang dihadirkan, maka memori pekerja akan menjadi mudah mengolah informasi tersebut. Dengan kata lain, memori pekerja mempunyai cukup kapasitas untuk memahami permasalahan sehingga ada ruang di memori pekerja yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi penyelesaian permasalahan tersebut.

Teori beban kognitif (Pass et al., 2004; Sweller, 2004) menyebutkan bahwa beban kognitif dalam memori pekerja dapat disebabkan oleh tiga sumber yaitu: (1) beban

kognitif instrinsik (*intrinsic cognitive load*); (2) beban kognitif ekstrinsik (*extrinsic cognitive load*) dan (3) beban kognitif konstruktif (*german cognitive load*).

Beban kognitif instrinsik ditentukan oleh tingkat kekompleksan informasi atau materi yang sedang dipelajari, sedangkan beban kognitif ekstrinsik ditentukan oleh teknik penyajian materi tersebut (Sweller & Chandler, 1994). Beban kognitif intrinsik tidak dapat dimanipulasi karena sudah menjadi karakter dari interaktifitas elemen-elemen di dalam materi. Sehingga, beban kognitif intrinsik ini bersifat tetap. Namun, beban kognitif ekstrinsik dapat dimanipulasi. Teknik penyajian materi yang baik, yaitu yang tidak menyulitkan pemahaman, akan menurunkan beban kognitif ekstrinsik. Pemahaman suatu materi dapat mudah terjadi jika ada pengetahuan prasyarat yang cukup yang dapat dipanggil dari memori jangka panjang. Jika pengetahuan prasyarat ini dapat hadir di memori pekerja secara otomatis, maka beban kognitif ekstrinsik akan semakin minimum. Semakin banyak pengetahuan yang dapat digunakan secara otomatis, semakin minimum beban kognitif di memori pekerja. Dalam hal ini, kapasitas memori pekerja menjadi semakin meningkat.

Materi yang secara intrinsik mempunyai beban berat, jika disajikan dengan baik, maka proses kognitif di memori pekerja akan berjalan dengan lancar. Sebaliknya, meskipun beban kognitif intrinsik suatu materi adalah ringan, jika disajikan dengan tidak baik, seperti terlalu banyak atau acak, maka proses kognitif di memori pekerja akan berjalan dengan lambat atau berhenti.

Jika memori pekerja telah dipenuhi oleh beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik, maka tidak ada muatan yang tersisa untuk beban kognitif konstruktif. Beban kognitif konstruktif adalah beban kognitif yang diakibatkan oleh proses kognitif yang relevan dengan pemahaman materi yang sedang dipelajari dan proses konstruksi (akuisisi skema) pengetahuan. Jika tidak ada beban kognitif konstruktif, berarti memori pekerja tidak dapat mengorganisasikan, mengkonstruksi, mengkoding, mengelaborasi atau mengintegrasikan materi yang sedang dipelajari sebagai pengetahuan yang tersimpan dengan baik di memori jangka panjang. Dengan kata lain, informasi yang disajikan tidak dipelajari dengan baik. Informasi tersebut mungkin berhasil disimpan di memori jangka panjang, tapi mungkin akan sulit dipanggil kembali atau tidak terkoneksi dengan

pengetahuan yang relevan. Hal ini berakibat pada lambatnya proses pembelajaran yang terkait di masa selanjutnya.

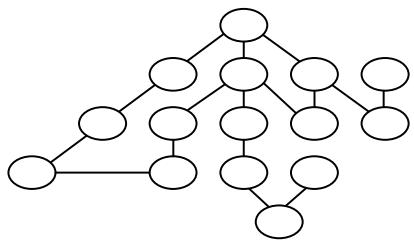
Proses kognitif konstruktif tersebut terjadi secara otomatis jika memang ada muatan di memori pekerja yang kosong akibat dari minimalnya beban kognitif intrinsic dan ekstrinsik. Tetapi, dapat dipengaruhi oleh motivasi dan sikap siswa terhadap materi yang dipelajari. Tanpa adanya motivasi dan sikap yang baik terhadap proses pembelajaran, meskipun materi telah dimanajemen dengan baik, hasil pembelajaran mungkin tidak maksimal.

Implikasi dari fungsi memori pekerja dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari beban kognitif intrinsic dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan beban kognitif konstruktif yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan.

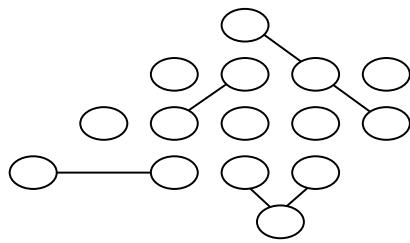
3. *Long Term Memory* (Memori Jangka Panjang)

Memori jangka panjang diasumsikan sebagai tempat penyimpanan pengetahuan secara permanen, karena pengetahuan dapat ditahan di dalam memori ini dalam waktu lama. Memori ini juga mempunyai kapasitas yang tidak terbatas (Pass et al., 2004; Sweller, 2004). Hal ini dapat ditunjukkan dengan kemampuan kita untuk menyimpan informasi sejak lahir sampai akhir hayat. Ketika kita merasa sulit menyimpan atau mengingat informasi, yang menjadi masalah bukan kapasitas memori jangka panjang kita terbatas. Namun, kapasitas memori pekerja yang terbatas dalam proses kognitif menyimpan pengetahuan atau memanggil pengetahuan.

Memori ini dapat menyimpan pengetahuan deklaratif, prosedural dan kondisional (Bruning et al., 2004). Pengetahuan tersebut tersimpan dalam bentuk skema (*schema/schemata*). Bagaimana informasi diproses sangat tergantung dari posisi skema-skema pengetahuan di dalam memori jangka panjang ini. Model-model skema di dalam memori jangka panjang dapat digambarkan pada Gambar 4.



(1)



(2)

Gambar 4. *Model pengetahuan di memori jangka panjang*

Susunan skema di memori jangka panjang menggambarkan kemampuan seseorang di suatu bidang. Gambar 4 (1) menunjukkan skema-skema yang saling terkait, tapi Gambar 4 (2) menunjukkan skema-skema yang tersimpan tidak berkaitan. Seorang ahli dalam bidang tertentu akan mempunyai susunan skema yang baik di dalam memorinya, sehingga memudahkannya untuk mentransfer ke materi baru atau penyelesaian masalah.

Implikasi dalam mendesain metode pembelajaran antara lain (1) materi pembelajaran disajikan secara hirarkis; (2) pengetahuan disimpan secara baik sehingga pemahaman mendalam; dan (3) memfasilitasi automatisasi skema yaitu pengetahuan yang telah disimpan perlu dilatih berulang-ulang agar dapat dimunculkan di memori pekerja secara otomatis ketika menyelesaikan suatu permasalahan, karena pengetahuan yang dihadirkan secara otomatis tidak menambah beban di memori pekerja.

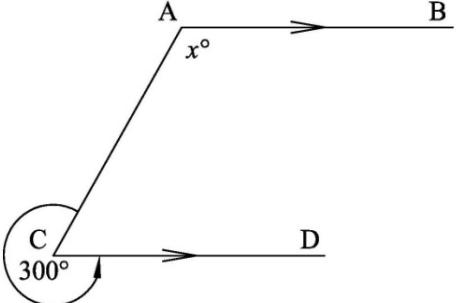
C. Metode-Metode Pembelajaran Berdasarkan Teori Beban Kognitif

Pembelajaran yang bermakna, menurut Mayer (1999), adalah suatu proses pembelajaran yang menghasilkan kemampuan siswa untuk mentransfer pengetahuan yang telah diperoleh. Dengan demikian, metode pembelajaran yang efektif adalah metode yang mendorong siswa untuk membangun pengetahuan dengan baik, sehingga dapat menggunakannya untuk menyelesaikan masalah baru.

Teori beban kognitif yang diuraikan di atas menghasilkan pemahaman bahwa metode pembelajaran yang efektif adalah metode pembelajaran yang meminimalkan beban kognitif ekstrinsik atau memaksimalkan beban kognitif konstruktif. Dengan manajemen beban kognitif ini, memori pekerja dapat mengorganisasikan materi yang dipelajari dengan lancar.

Metode-metode untuk meminimalkan beban kognitif ekstrinsik antara lain dengan menghindari efek perhatian terpisah dan efek ulangan dalam menyajikan materi pembelajaran (Sweller, 1999). Efek perhatian terpisah diakibatkan oleh penyajian dua sumber informasi secara terpisah, padahal untuk memahaminya informasi tersebut harus diintegrasikan. Contohnya adalah dalam Gambar 5 berikut.

Problem: Find the value of x and give reasons for each step.

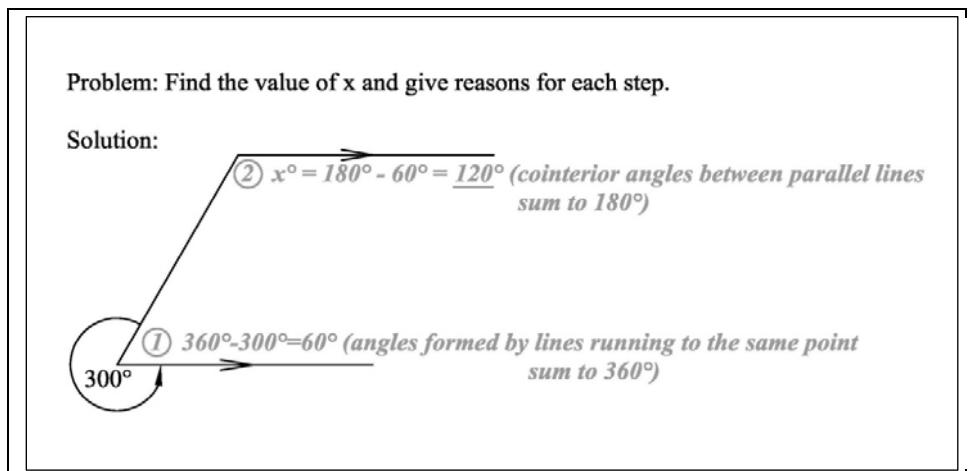


Solution:

1. $\angle ACD = 360^\circ - 300^\circ = 60^\circ$
Reason: angles formed by lines running to the same point sum to 360°
2. $\angle BAC = 180^\circ - \angle ACD = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$
Reason: cointerior angles between parallel lines sum to 180°
3. Therefore, $x = 120^\circ$

Gambar 5. Efek perhatian terpisah (diambil dari Retnowati, Sweller & Ayres, 2008)

Dalam mempelajari contoh soal di atas, siswa harus mengintegrasikan informasi pada gambar dan informasi pada langkah-langkah penyelesaian. Aktivitas mengintegrasikan ini menaikkan beban kognitif ekstrinsik. Alternatifnya adalah penyajian secara integrative seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Teknik integratif (diambil dari Retnowati, Sweller & Ayres, 2008)

Penggunaan contoh soal yang disajikan secara integratif antara gambar dan teks (verbal atau tertulis) yang berasosiasi telah ditunjukkan kefektifannya dalam pembelajaran oleh berbagai penelitian (Chandler & Sweller, 1992, Retnowati, Sweller & Ayres, 2008; Moreno & Mayer, 1999; Tarmizi & Sweller, 1988; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2006). Namun, mengintegrasikan dua gambar dan ilustrasi yang berasosiasi perlu menghindari efek ulangan. Efek ini terjadi apabila gambar telah secara implisit memuat ilustrasi mengenai gambar tersebut (*self-explained figure*). Selain itu, efek ulangan ini juga dapat terjadi jika menyajikan informasi yang telah diketahui dengan baik oleh siswa (Chandler & Sweller, 1992). Dalam hal ini efek ulangan terjadi karena ada informasi yang berlebih, yaitu informasi yang disajikan dan pengetahuan yang berisi sama dengan informasi tersebut.

Metode pembelajaran menggunakan contoh soal yang disusun dengan meminimalkan beban kognitif ekstrinsik seperti dibahas diatas, perlu disertai dengan teknik yang mendorong beban kognitif konstruktif. Misalnya dengan menyajikan pasangan-pasangan contoh soal – permasalahan (*example – problem pairs*). Dalam metode ini, siswa difasilitasi dengan satu paket pasangan contoh dan soal. Contoh yang disajikan sebaiknya terdiri dari beberapa jenis dan soal yang diberikan adalah soal yang sejenis dengan contoh yang diberikan. Sehingga, siswa setelah mempelajari prosedur dalam contoh, siswa diberi fasilitas untuk mengulangnya dan mengkonstruksi pengetahuan melalui penyelesaian soal yang mengikutinya. Metode ini telah dibuktikan kefektifannya dalam berbagai penelitian (lihat Atkinson, Derry, Renkl & Wotham, 2000).

D. Penutup

Dari diskusi mengenai sistem memori dan terutama mengenai proses kognitif yang terjadi di memori pekerja, dapat disimpulkan bahwa memori pekerja mempunyai keterbatasan kapasitas ketika mempelajari informasi awam. Namun, memori pekerja tidak mempunyai keterbatasan dalam memproses informasi secara kognitif, apabila tersedia pengetahuan awal yang cukup dan dapat dihadirkan secara otomatis. Keotomatisan pengetahuan ditentukan oleh susunan skema pengetahuan yang baik di memori jangka panjang dan dihasilkan oleh proses konstruksi pengetahuan yang terorganisir atau penggunaan yang berfrekuensi di memori pekerja. Untuk menyusun metode pembelajaran yang efektif, beban kognitif intrinsic, ekstrinsik dan konstruktif perlu dioptimalkan agar tidak melebihi kapasitas memori pekerja.

Daftar Pustaka:

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Worthan, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181-214.
- Bruning, R. H., Scraw, G. J., Norby, M. N., & Ronning, R. R. (2004). *Cognitive Psychology and Instruction* (4 ed.). Ohio: Prentice Hall.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233-246.
- Mayer, R. (1999). *The Promise of Educational Psychology: Teaching for Meaningful Learning* (Vol. 2). USA: Merill - Prentice Hall.
- 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.
- Moreno, R., & Mayer, R. (1999). Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368.
- 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.
- Retnowati, E., Sweller, J. & Ayres, P. (2008). Group Work Settings: Worked Example Vs. Problem Solving. *Online Proceeding of International Conference on Cognitive Load*

Theory 2008, Retrieved at http://www.uow.edu.au/conferences/Cognitive_Load_Theory_2008/program.html

- Shiffrin, R. M., & Atkinson, R. C. (1969). Storage and Retrieval Process in Long Term Memory. *Psychological Review*, 76(2), 179-193.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. Victoria, Australia: Australian Council for Educational Research.
- 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.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material is Difficult to Learn? *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance Suring mathematical Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424-436.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When Two Sensory Modes Are Better Than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3 No. 4, 257 - 287.
- Van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. (2006). Effects of Process-Oriented Worked Examples on Troubleshooting Transfer Performance. *Learning and Instruction*, 16(2), 154-164.