

# Pembelajaran berbantuan *geogebra* berdasarkan struktur kognitif manusia

Sefnad Anovelthon Meinhart Lakusa, Adit Nabuasa\*, Irna Karlina Sensiana Blegur

Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Nusa Cendana, Kupang

sefnadlakusa@gmail.com

Diterima: 2023-12-12; Direvisi: 2023-12-26; Dipublikasi: 2023-12-31

## Abstract

In the current curriculum in Indonesia, students are the center of learning and teachers are only facilitators. Therefore, it is necessary to choose the right learning strategies and media so that learning activities can take place effectively and efficiently. The choice of learning strategies and media must pay attention to human cognitive structure. Apart from that, improving the quality of mathematics learning also requires technological assistance that is appropriate to current developments. With the help of technology, students will more easily visualize shapes and understand concepts in the material being taught. One media that can answer this is Geogebra. This article is a literature study that aims to discuss learning based on human cognitive structure. Further examples of the application of geogebra-assisted learning based on human cognitive structures are also discussed in this article.

**Keywords:** geogebra; cognitive

## Abstrak

Dalam kurikulum yang berlaku di Indonesia sekarang, siswa yang menjadi pusat pembelajaran dan guru hanya sebagai fasilitator. Oleh karena itu, perlu pemilihan strategi dan media pembelajaran yang tepat agar kegiatan pembelajaran dapat berlangsung secara efektif dan efisien. Pemilihan strategi dan media pembelajaran haruslah memperhatikan struktur kognitif manusia. Selain itu, dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika juga diperlukan bantuan teknologi yang sesuai dengan perkembangan zaman. Dengan adanya bantuan teknologi, siswa akan lebih mudah memvisualisasikan bentuk dan memahami konsep pada materi yang diajarkan. Salah satu media yang dapat menjawab hal tersebut adalah *geogebra*. Artikel ini merupakan *study literature* yang bertujuan untuk membahas tentang pembelajaran berdasarkan struktur kognitif manusia. Lebih lanjut contoh penerapan pembelajaran berbantuan *geogebra* berdasarkan struktur kognitif manusia juga dibahas dalam artikel ini.

**Kata Kunci:** *geogebra*; kognitif

## 1. PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika merupakan suatu proses belajar mengajar untuk meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengkonstruksi pengetahuan baru guna mencapai target belajar (Amir, Zubaidah & Risnawati, 2015). Dalam kurikulum yang berlaku di Indonesia sekarang, siswa yang menjadi pusat pembelajaran artinya siswa berperan aktif dalam mengkonstruksi pengetahuannya. Guru hanya memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan tersebut. Kegiatan memfasilitasi ini

dapat terwujud melalui pemilihan strategi dan media pembelajaran yang tepat (Nabuasa & Blegur, 2022).

Pemilihan strategi dan media pembelajaran haruslah memperhatikan struktur kognitif manusia. Struktur kognitif manusia memberikan gambaran tentang proses konstruksi pengetahuan oleh sistem memori manusia. Menurut struktur kognitif manusia, proses pembelajaran dipengaruhi oleh tiga sistem memori yaitu *sensory memory*, *working memory*, dan *long term memory* (Retnowati, 2018). Saat belajar, informasi yang diterima oleh *sensory memory* akan diolah di *working memory* dengan memanggil kembali *prior knowledge* di *long term memory* yang kemudian menjadikannya sebagai informasi yang bermakna sehingga dapat disimpan jangka panjang di *long term memory* (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011). *Working memory* memiliki keterbatasan dalam mengolah informasi sehingga perlu adanya optimalisasi dalam *working memory*. Optimalisasi tersebut dapat dilakukan dengan memperhatikan elemen-elemen pada *working memory*. Elemen tersebut meliputi kompleksitas materi dan penyajian materi (Pambayun & Retnowati, 2018). Oleh karena itu, guru sebagai fasilitator pembelajaran harus memperhatikan struktur kognitif manusia dalam pembelajaran matematika.

Selain itu, dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika juga diperlukan bantuan teknologi yang sesuai dengan perkembangan zaman. Dengan adanya bantuan teknologi, siswa akan lebih mudah memvisualisasikan bentuk geometri dan memahami konsep pada materi yang diajarkan. Salah satu media yang dapat menjawab hal tersebut adalah *geogebra*.

Dengan demikian, apa itu struktur kognitif manusia? Bagaimana contoh pembelajaran berbantuan *geogebra* berdasarkan struktur kognitif manusia? Artikel ini merupakan *study literature* yang bertujuan untuk membahas pembelajaran berbantuan *geogebra* berdasarkan struktur kognitif manusia.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian *study literature* (Studi literatur). Studi literatur adalah suatu metode penelitian dengan cara mengumpulkan berbagai data bacaan atau sumber yang berkaitan dengan suatu topik dalam penelitian (Habsy, 2017). Penelitian ini bersesuaian dengan penelitian oleh Nabuasa & Blegur (2022) bahwa akan dikaji berbagai literatur baik dalam bentuk buku maupun artikel mengenai pembelajaran berbantuan *geogebra* dan struktur kognitif manusia.

Penelitian ini diawali dengan mencari sumber-sumber yang relevan pada materi yang dikaji yakni pembelajaran berbantuan *geogebra* dan struktur kognitif manusia. Kemudian, setiap sumber tersebut akan dibaca untuk mencari gambaran umum strategi yang dimaksud. Gambaran umum disini berkaitan dengan definisi, prinsip-

prinsip yang berkaitan dengan struktur kognitif manusia, dan pemanfaatan *geogebra* dalam pembelajaran dengan memperhatikan struktur kognitif manusia.

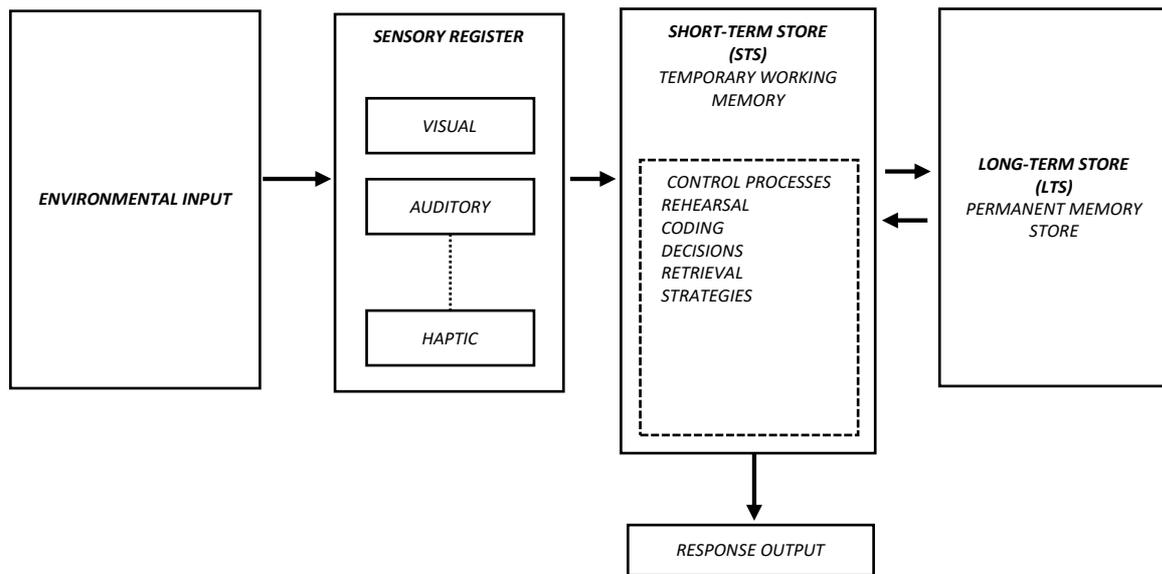
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Struktur Kognitif Manusia

Proses pembelajaran yang dilakukan bagi peserta didik perlu didesain sedemikian rupa agar dapat memfasilitasi siswa untuk memperoleh pengetahuan dengan baik. Untuk menentukan keefektifan sebuah desain pembelajaran diperlukan pemahaman tentang bagaimana manusia dapat belajar, berpikir, dan menyelesaikan masalah, atau yang dikenal sebagai arsitektur kognitif manusia. Pemahaman tersebut dapat menjadi dasar untuk menjelaskan alasan berhasil atau tidaknya suatu prosedur pembelajaran (Sweller, et. al., 2011). Selain itu, pemahaman tentang arsitektur kognitif manusia juga dapat digunakan untuk merancang suatu teori pembelajaran.

*Cognitive Load Theory* atau CLT adalah salah satu teori pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan pengetahuan tentang arsitektur kognitif manusia. Teori ini dikembangkan oleh John Sweller pada tahun 1988 dan terus mengalami pengembangan dan perluasan substansial pada tahun 1990-an oleh para peneliti di seluruh dunia (Paas, et. al., 2003). Tujuan utama dari CLT adalah menggunakan pengetahuan terkait struktur kognitif manusia untuk menyediakan suatu prinsip desain pembelajaran (Sweller, et. al., 2011).

Struktur kognitif manusia mengacu pada proses mental yang digunakan oleh individu untuk mengolah dan memahami informasi yang diterima. Proses tersebut terjadi dalam suatu sistem memori manusia yang terdiri dari *sensory memory*, *working memory*, dan *long-term memory* (Sweller, et. al., 2011: 15; Asrifan et. al., 2021). Gambar 1 menunjukkan sebuah kerangka kerja yang dikembangkan oleh Atkinson & Shiffrin pada tahun 1968 dan dikenal sebagai *modal model* (Blegur, 2018; Baddeley, et. al., 2018).



**Gambar 1.** Modal Model oleh Atkinson dan Shiffrin

Model ini memberikan gambaran terkait bagaimana sebuah informasi diproses dalam sistem memori manusia dan telah menjadi dasar serta memberikan dampak yang besar bagi perkembangan psikologi kognitif. Atkinson & Shiffrin (Baddeley, et. al., 2018) mengasumsikan terdapat tiga komponen struktural penyusun sistem memori manusia yaitu kumpulan *sensory register*, *short-term store (STS)*, dan *long-term store (LTS)*. Komponen penyusun sistem memori manusia tersebut kemudian dikenal dengan *sensory memory* (memori sensorik/pengindra), *working memory* (memori pekerja), dan *long-term memory* (memori jangka panjang).

*Sensory memory* adalah komponen penyusun sistem memori manusia yang pertama kali menerima informasi. *Sensory memory* berfungsi untuk menerima informasi dari lingkungan sekitar melalui alat indra kemudian mengidentifikasi dan memberikan persepsi. Informasi tersebut berupa pengalaman sensorik dari seluruh indra manusia (*sense register*), mulai dari penglihatan dan pendengaran, sentuhan, pengecap, penciuman, hingga rasa sakit (Köster & Mojet, 2017).

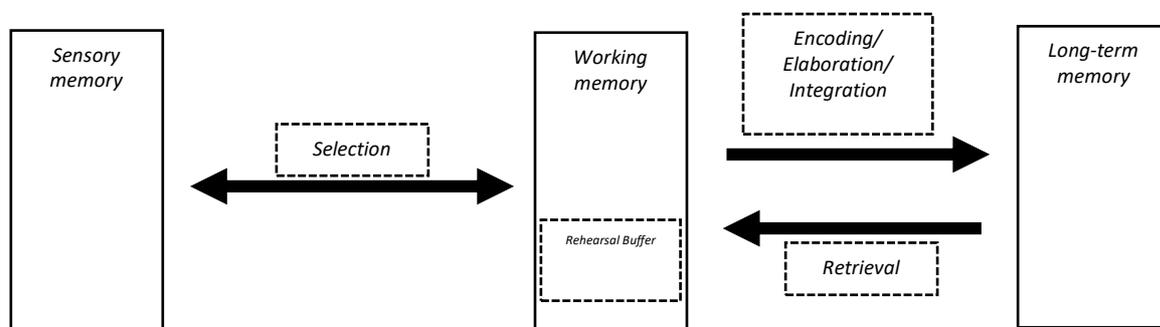
Terdapat tiga proses yang terjadi pada *sensory memory*, yaitu perhatian, persepsi, dan pemberian makna. Perhatian merupakan langkah awal yang dilakukan *sensory memory* untuk mendeteksi atau memperhatikan datangnya informasi dengan mengalokasikan beban kognitif. Proses ini dapat terjadi secara sadar maupun tidak sadar tergantung dari pengetahuan awal (*prior knowledge*) yang dimiliki. Informasi yang telah diperhatikan selanjutnya diuraikan menjadi sinyal-sinyal yang akan dipersepsikan dengan mengenali pola-polanya menggunakan pengetahuan awal. Setelah mengenali pola-pola dari sebuah informasi, *sensory memory* selanjutnya akan mengirimkan

informasi tersebut ke *working memory* untuk diorganisasikan serta diberi makna (Retnowati, 2008).

*Working memory* (memori pekerja) bertugas untuk mengorganisasikan dan memberikan makna pada informasi serta membentuk pengetahuan untuk disimpan ke dalam *long-term memory*. Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa informasi pertama-tama diterima dan diproses secara singkat oleh *sensory memory* dan kemudian diteruskan ke *working memory* untuk diproses bersama dengan informasi yang terdapat pada *long-term memory*. *Working memory* dapat dikatakan sebagai struktur utama dalam memproses informasi yang diperoleh dari lingkungan (Sweller, et. al., 2011: 42). Akan tetapi ketika dihadapkan dengan informasi baru, kapasitas dan durasi dalam menggunakan *working memory* sangat terbatas.

Keterbatasan kapasitas dari *working memory* membuatnya hanya dapat menyimpan informasi dalam jumlah tertentu, yaitu sekitar tujuh informasi dalam satu waktu tertentu (Miller, 1956). Contoh dari keterbatasan ini yaitu ketika seseorang diminta mengingat informasi acak (biasanya kata, huruf, atau angka) dalam jumlah besar, orang tersebut hanya dapat mengingat beberapa informasi saja. Hal ini dikarenakan fungsi dari *working memory*, yaitu sebagai tempat pemrosesan informasi (mengorganisasikan, mengkombinasikan, membandingkan, serta memanipulasi informasi dengan cara tertentu), bukan sebagai tempat penyimpanan informasi (Sweller, et. al., 2011: 43).

Selain kapasitasnya, *working memory* juga terbatas dalam hal durasi. Menurut Peterson & Peterson (1959), jumlah informasi yang dapat diproses *working memory* akan semakin berkurang setelah beberapa waktu. Kebanyakan informasi baru hanya dapat bertahan dalam *working memory* dalam beberapa detik sebelum hilang, dan hampir semua informasi akan hilang dalam waktu 20 detik. Keterbatasan kapasitas dan durasi dari *working memory* hanya berlaku pada informasi baru yang diterima dari lingkungan melalui *sensory memory* dan tidak berlaku pada informasi yang sudah tersimpan dalam *long-term memory* sebelumnya (Sweller, et. al., 2011: 44).



**Gambar 2.** Aktivitas yang terlibat dalam *working memory* (Retnowati, 2008)

Gambar 2 menunjukkan aktivitas yang terjadi dalam *working memory*. Informasi yang telah dipersepsikan dan dikenali polanya dipilih (*selection*) dan dikirimkan ke *working memory* untuk diberi makna. Selanjutnya *working memory* akan memanggil kembali (*retrieval*) pengetahuan awal yang telah disimpan dalam *long-term memory*. Pengetahuan awal (*prior knowledge*) tersebut kemudian digunakan untuk memberi makna pada informasi. Pada proses ini juga terjadi proses pengulangan informasi (*rehearsal*) baik dengan dilafalkan ataupun tidak. Informasi yang telah diberi makna kemudian disimpan ke dalam *long-term memory* melalui proses koding (*encoding*), pengelaborasi (*elaboration*), ataupun diintegrasikan dengan pengetahuan lama yang terdapat pada *long-term memory* (*integration*).

Seperti yang telah dijelaskan, dalam memaknai suatu informasi *working memory* membutuhkan pengetahuan awal dari *long-term memory*. Apabila *long-term memory* tidak menyediakan pengetahuan awal yang cukup maka *working memory* akan kelebihan beban dan kesulitan memberikan makna bagi informasi tersebut. Akan tetapi jika *long-term memory* menyediakan pengetahuan awal yang cukup bagi *working memory*, maka *working memory* dapat lebih mudah dalam memaknai informasi tersebut.

*Long-term memory* berperan sebagai tempat penyimpanan informasi dengan kapasitas yang sangat besar dan juga dalam jangka waktu yang lama. Informasi-informasi yang tersimpan pada *long-term memory* digunakan dalam kegiatan sehari-hari, mulai dari mengenali sejumlah besar objek yang dijumpai hingga merencanakan rutinitas dan aktivitas sehari-hari (Sweller, et. al., 2011: 18). Kemampuan *long-term memory* untuk menyimpan informasi secara permanen memungkinkan seseorang untuk dapat mengingat kejadian-kejadian yang terjadi di masa lampau. Namun, De Groot (Sweller, et. al. 2011: 22) menemukan bahwa peran *long-term memory* tidak hanya terbatas pada mengingat kejadian-kejadian di masa lampau. *Long-term memory* sangat dibutuhkan dalam aktivitas kognitif tingkat tinggi, seperti pemecahan masalah. Informasi yang tersimpan dalam *long-term memory* menjadi salah satu faktor yang menentukan kecakapan seseorang dalam suatu proses kognitif tingkat tinggi.

*Long-term memory* menyimpan informasi berupa pengetahuan deklaratif, prosedural, dan kondisional dalam bentuk skema (*schema/schemata*) (Retnowati, 2008). Skema adalah sebuah konstruksi kognitif yang memungkinkan seseorang untuk dapat mengklasifikasikan beberapa elemen informasi ke dalam suatu elemen dengan menggunakan tata cara tertentu (Chi, Glaser, & Rees dalam Sweller et. al., 2011). *Long-term memory* menyimpan skema yang jumlahnya tak terhitung dan skema-skema tersebut menentukan cara memproses suatu informasi yang masuk.

### 3.2 Cognitive Load

Banyaknya informasi yang dapat diproses oleh *working memory* pada suatu waktu tertentu disebut *cognitive load* (CL) atau beban kognitif. Sweller (1994) membedakan CL menjadi *intrinsic cognitive load* (ICL), *extraneous cognitive load* (ECL), dan *Germane Cognitive load* (GCL). ICL dan ECL bersifat aditif. Total CL yang dibebankan oleh materi yang dipelajari ditentukan oleh ICL dan ECL (Sweller, et. al., 2011:58). Total CL tersebut akan menentukan kapasitas *working memory* yang diperlukan untuk memproses informasi atau materi yang dipelajari. Jika total CL terlalu tinggi maka pemrosesan informasi yang diperlukan akan menjadi sulit dan pembelajaran akan terhenti. ICL tidak dapat dimanipulasi atau diubah. Jika ICL tinggi maka tingkat ECL harus dikurangi.

*Intrinsic cognitive load* adalah CL yang ditentukan oleh tingkat kerumitan dan struktur intrinsik suatu materi yang sedang dipelajari tanpa dipengaruhi oleh cara penyajian materi. ICL tidak dapat dimanipulasi atau diubah. Hal ini dikarenakan ICL berasal dari interaktivitas elemen-elemen dalam suatu materi tertentu.

Interaktivitas elemen disebabkan oleh sejumlah elemen yang harus diproses secara bersamaan dalam *working memory* karena saling berhubungan, sedangkan elemen adalah segala sesuatu yang harus dipelajari dan diproses, atau segala sesuatu yang telah dipelajari dan diproses. Berdasarkan struktur intrinsiknya, terdapat materi yang dapat dipelajari satu elemen demi satu elemen, sehingga memiliki interaktivitas elemen yang rendah. Akan tetapi terdapat juga materi dengan interaktivitas elemen yang tinggi. Elemen dalam materi tersebut tidak dapat dipelajari secara terpisah dan harus diproses secara bersamaan. Hal ini dikarenakan elemen-elemen tersebut tidak akan dapat dimengerti jika dipelajari secara terpisah. Materi dengan interaktivitas elemen yang tinggi membutuhkan lebih banyak kapasitas *working memory* daripada materi dengan elemen interaktivitas yang rendah.

*Extraneous cognitive load* adalah CL yang dipengaruhi oleh teknik penyajian materi. ECL juga dapat dipengaruhi oleh interaktivitas elemen. Akan tetapi ECL tidak dibebankan oleh karakteristik materi melainkan oleh cara penyajian informasi selama proses pengajaran.

Berbeda dengan ICL yang bersifat tetap, ECL dapat dimanipulasi. Penyajian materi yang baik akan membuat CL yang diproses *working memory* menjadi minimal sekalipun materi yang dipelajari memiliki kompleksitas tinggi (Blegur & Retnowati, 2018). Teknik penyajian materi yang baik akan memudahkan peserta didik dalam memahami materi dan meminimalisir ECL. Selain itu, ketersediaan pengetahuan awal yang cukup pada *long-term memory* juga dapat mempermudah peserta didik dalam memahami suatu materi karena dapat meminimumkan ECL. Semakin minimum CL, kapasitas *working memory* yang tersedia juga akan semakin meningkat dan proses

pembelajaran dapat berjalan dengan baik (Retnowati, 2008).

Dalam menggunakan suatu teknik penyajian materi perlu diperhatikan format penyajiannya. Beberapa teknik penyajian materi dapat menjadi tidak efektif dikarenakan format yang digunakan dapat menghasilkan *extraneous cognitive load* yang tinggi. *Split-attention* dan *redundancy* adalah dua contoh efek instruksional yang dapat menyebabkan timbulnya ECL yang tinggi.

- 1) *Split-attention* terjadi ketika peserta didik diminta untuk membagi perhatian kepada paling sedikit dua sumber informasi yang terpisah, baik secara spasial maupun temporal (Sweller, et. al., 2011:111). Dilihat dari sudut pandang *cognitive load theory*, agar pembelajaran dapat terjadi secara maksimal, setiap sumber informasi yang terpisah harus diintegrasikan dan dipelajari secara menyeluruh. Akan tetapi mengharuskan siswa untuk mengintegrasikan beberapa sumber informasi yang terpisah baik secara spasial maupun temporal akan menciptakan ECL. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mayer dan Gallini (Kalyuga, 1998), ditemukan bahwa penggunaan instruksi yang menampilkan teks dan diagram tanpa label secara terpisah kurang efektif jika dibandingkan dengan diagram yang disertai label yang menghubungkan diagram dan teks secara jelas. Diagram yang disertai label tersebut adalah contoh integrasi fisik antara teks dan diagram. Selain integrasi fisik (spasial) integrasi temporal dalam penyajian materi juga perlu diperhatikan agar mengurangi ECL. Mayer dan Anderson (1992) menemukan bahwa animasi dan narasi yang berhubungan akan lebih efektif ketika ditampilkan secara simultan dibandingkan ketika ditampilkan secara berurutan (tidak secara bersamaan). Hasil penelitian tersebut merupakan contoh pengaruh dari integrasi temporal dalam penyajian materi.

Dalam berbagai kondisi *split-attention*, kapasitas *working memory* cenderung dialihkan dari pembentukan skema untuk menangani elemen-elemen asing yang saling berinteraksi, sehingga menghambat proses pembelajaran. Untuk mencegah terjadinya *split-attention*, sumber informasi yang terpisah harus didesain sedemikian rupa sehingga dapat terintegrasi secara fisik. Dengan demikian ECL yang tinggi dapat dicegah. *Split-attention effect* terjadi ketika strategi pembelajaran menggunakan materi yang terintegrasi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan strategi pembelajaran yang dilakukan dengan materi *split-source* (sumber terpisah). Berbagai sumber informasi yang mengharuskan peserta didik membagi perhatian untuk belajar, digantikan dengan satu sumber yang terintegrasi. Secara umum format yang terintegrasi akan menghasilkan pembelajaran yang lebih efektif dibandingkan dengan format *split-attention*.

- 2) Efek instruksional berikutnya adalah *redundancy*. Telah dijelaskan bahwa format materi yang terintegrasi akan mengurangi ECL dan menghasilkan pembelajaran yang lebih efektif. Akan tetapi Chandler & Sweller (1991) menemukan bahwa integrasi fisik antara teks dan diagram tidak selalu diperlukan dalam penyajian

materi. Integrasi fisik yang dimaksud adalah *redundancy* (informasi berlebih) (Kalyuga, 1998). Bentuk *redundancy* yang paling umum terjadi ketika informasi yang sama disajikan dengan bentuk yang berbeda. Contohnya diagram yang disertai dengan teks yang mendeskripsikan ulang diagram tersebut. Dalam *cognitive load theory*, informasi tambahan apapun yang tidak dibutuhkan dalam pembelajaran dikategorikan sebagai *redundant*. *Redundancy effect* terjadi ketika informasi yang memuat materi yang berlebihan menghasilkan pembelajaran yang lebih sedikit dibandingkan dengan informasi yang sama tanpa materi yang berlebihan. Jika informasi yang penting disajikan bersamaan dengan informasi yang tidak dibutuhkan, informasi yang tidak dibutuhkan tersebut akan ikut diproses dalam *working memory* dan akan menimbulkan ECL. Oleh karena itu penyajian informasi yang berlebihan perlu dihindari agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik (Sweller, et. al., 2011: 142).

*Cognitive load* yang terakhir adalah *Germane Cognitive load* (GCL). GCL akan muncul saat guru memberikan latihan soal dengan materi yang telah dipelajari. Pemberian latihan soal akan melatih siswa untuk membangun kemampuan pengotomatisan siswa memahami dan mengaitkan materi. Soal yang diberikan dibuat bertingkat dari soal mudah dan sederhana menjadi semakin rumit dan sulit. Hal tersebut bertujuan untuk membuat siswa berusaha dengan keras untuk meningkatkan pemahaman tentang materi yang diajarkan. Guru dapat membantu dengan siswa sumber belajar yang terstruktur sehingga siswa bisa mengkonstruksi pengetahuan mereka berdasarkan masalah yang tersaji dan berusaha untuk menyelesaikannya.

Pengoptimalan kapasitas GCL ini sangat bergantung pada hadirnya ICL dan ECL di memori pekerja. Jika beban ICL dan ECL tidak diatur dengan baik maka memori pekerja akan penuh, sehingga tidak ada kapasitas yang tersisa untuk GCL. Jika tidak ada GCL, berarti memori pekerja tidak dapat mengkonstruksi materi yang sedang dipelajari dan tidak dapat disimpan di memori jangka panjang. Dengan kata lain, informasi yang disajikan tidak dipelajari dengan baik.

Selain itu, dampak dari minimnya GCL di memori pekerja adalah pengetahuan yang sebelumnya telah 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 pengolahan pengetahuan di kemudian hari.

Proses kognitif konstruktif tersebut terjadi secara otomatis jika memang ada muatan di memori pekerja yang kosong akibat dari minimalnya beban kognitif ICL dan ECL. Dalam mendesain kegiatan pembelajaran, guru harus memperhatikan muatan pada *intrinsic cognitive load*, *extraneous cognitive load*, dan *germane cognitive load*. Adapun hal-hal tersebut dapat dilakukan dengan (Retnowati, 2008): (1) memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari; (2) mengetahui tingkat pengetahuan awal

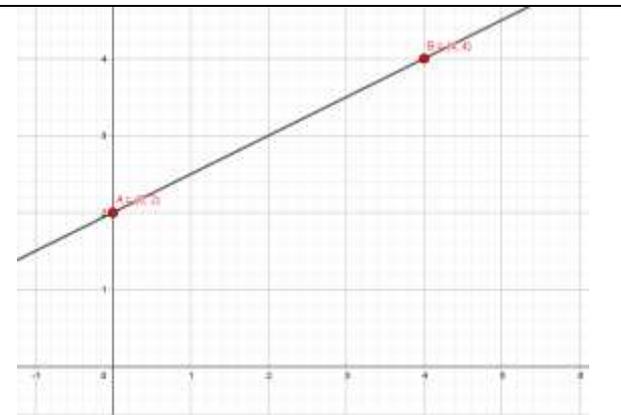
siswa yang akan mempelajari materi; (3) meminimalkan jumlah dari beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan beban kognitif konstruktif.

Agar tercipta belajar yang efektif, guru harus mendesain strategi pembelajaran yang mampu meminimalkan *extraneous cognitive load* dan mengelolah *intrinsic cognitive load* dengan baik sehingga terdapat kapasitas untuk *germane cognitive load* akibatnya materi yang diberikan oleh guru dapat dikonstruksi dan diproses oleh siswa menjadi pengetahuan yang bermakna.

### 3.3 Contoh Pemanfaatan *Geogebra* dengan Memperhatikan Struktur Kognitif Manusia

Artikel ini membahas pengaplikasi dari *geogebra* sesuai dengan prinsip *Cognitif Load Theory* ke dalam kekompleksitas materi dan penyajian bahan ajar. Sesuai dengan pembahasan bahwa *intrinsic cognitive load* (ICL) dipengaruhi oleh sifat dari materi itu sendiri. *Intrinsic cognitive load* merupakan beban pikiran yang muncul akibat kompleksitas dari materi pada bahan ajar (Blegur, Oktaviani & Retnowati, 2017). Kompleksitas dari materi bergantung pada ruang lingkup materi dan pengetahuan awal (*prior knowledge*) yang harus dimiliki oleh siswa sebelum mempelajari materi yang bersangkutan. Berikut adalah contoh masalah matematika yang dibuat dengan ICL yang berbeda menggunakan *geogebra*.

**Tabel 1.** Contoh masalah matematika dengan ICL yang berbeda

<p>Persamaan garis hasil transformasi <math>R[0,180^\circ]</math> kemudian dilanjutkan dengan pencerminan <math>y = -x</math> terhadap garis <math>2y - x = 2</math> adalah ...</p>	 <p>Persamaan garis hasil transformasi <math>R[0,180^\circ]</math> kemudian dilanjutkan dengan pencerminan <math>y = -x</math> terhadap garis <math>AB</math> adalah ...</p>
<p>a. Relatif kurang kompleks</p>	<p>b. Relatif lebih kompleks</p>

ICL merupakan muatan kognitif yang sifatnya tetap dan tidak dapat dimanipulasi oleh pengolahan pembelajaran. Pengaturan ICL dipengaruhi oleh kemampuan siswa sendiri dalam memahami materi. Kemampuan siswa bergantung pada pengetahuan awal yang dimiliki oleh siswa itu sendiri. Untuk siswa yang mempunyai pengetahuan

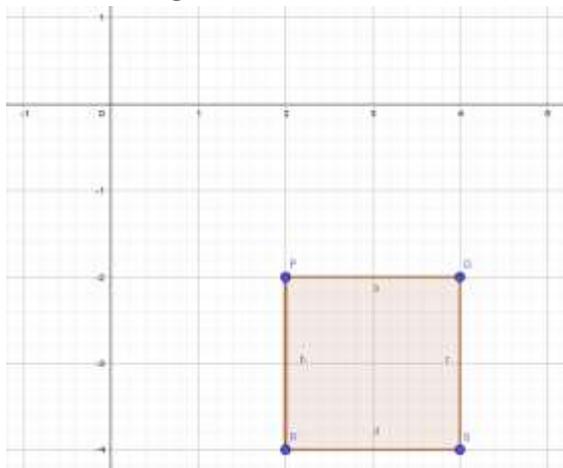
awal tentang transformasi rotasi dan refleksi serta kemampuan prosedur penyelesaian masalah yang baik maka masalah pada tabel 1(a) dapat dikatakan relatif kurang kompleks tetapi belum tentu berlaku untuk masalah pada tabel 1(b). penyelesaian masalah ini tidak hanya tentang konsep transformasi rotasi dan refleksi saja tetapi juga tentang persamaan garis yang telah divisualisasikan dalam *geogebra*. Sehingga masalah pada tabel 1(b) cenderung lebih kompleks jika dibandingkan dengan masalah pada tabel 1(a).

Selanjutnya, *extraneous cognitive load* (ECL) bergantung pada penyajian materi (Nabuasa & Blegur, 2022). Penyajian materi yang tidak baik akan meningkatkan *extraneous cognitive load* sehingga kegiatan pembelajaran tidak berlangsung secara optimal. Menurut Sweller, Ayres & Kalyuga (201) bahwa Penyajian materi yang tidak baik seperti penyajian materi yang menyajikan dua elemen terpisah (*split attention effect*) dan penyajian berisikan penjelasan yang sama tetapi diulang-ulang dengan format yang berbeda (*redundancy effect*) sehingga membuat siswa mengolah informasi secara berlebihan. Kegiatan pembelajaran sebaiknya meminimalkan *extraneous cognitive load* dengan cara menyajikan materi pada bahan ajar dengan memperhatikan prinsip *split attention effect* dan *redundancy effect*.

Contoh berikut adalah perbandingan penyajian soal// bahan ajar antara penggunaan *geogebra* yang memperhatikan *extraneous cognitive load* siswa dan penggunaan *geogebra* yang tidak memperhatikan *extraneous cognitive load* siswa pada materi transformasi geometri.

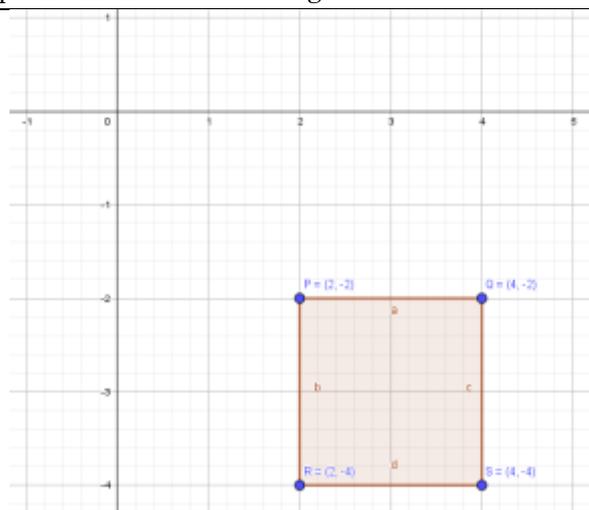
**Tabel 2.** Penyajian soal yang tidak memperhatikan *extraneous cognitive load* siswa

Perhatikan gambar berikut!



Suatu bangun memiliki koordinat:  $P(2, -2)$ ,  $Q(4, -2)$ ,  $R(2, -4)$ , dan  $S(4, -4)$ . Bangun tersebut akan dilatasi terhadap titik pusat  $O(0,0)$  dengan faktor pengali 3. Tentukan bayangan dari dilatasi bangun tersebut!

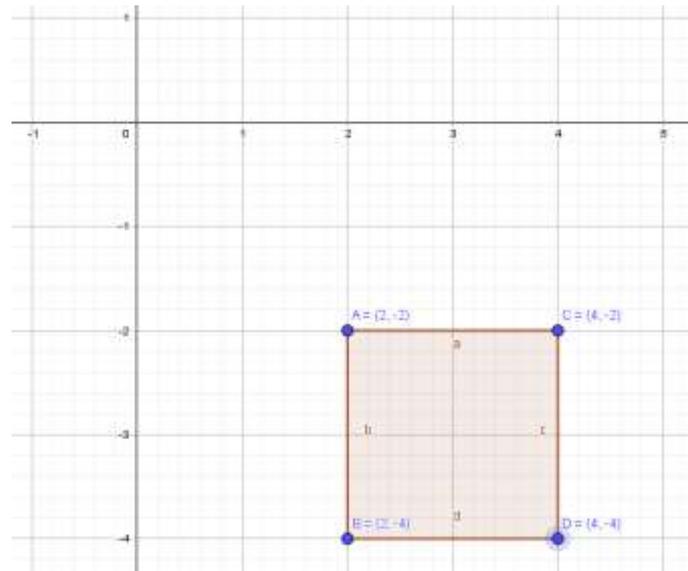
a. *split attention effect*



Suatu bangun persegi ABCD memiliki koordinat:  $P(2, -2)$ ,  $Q(4, -2)$ ,  $R(2, -4)$ , dan  $S(4, -4)$ . Bangun tersebut akan dilatasi terhadap titik pusat  $O(0,0)$  dengan faktor pengali 3 ( $D[0,3]$ ). Tentukan bayangan dari dilatasi bangun tersebut!

b. *redundancy effect*

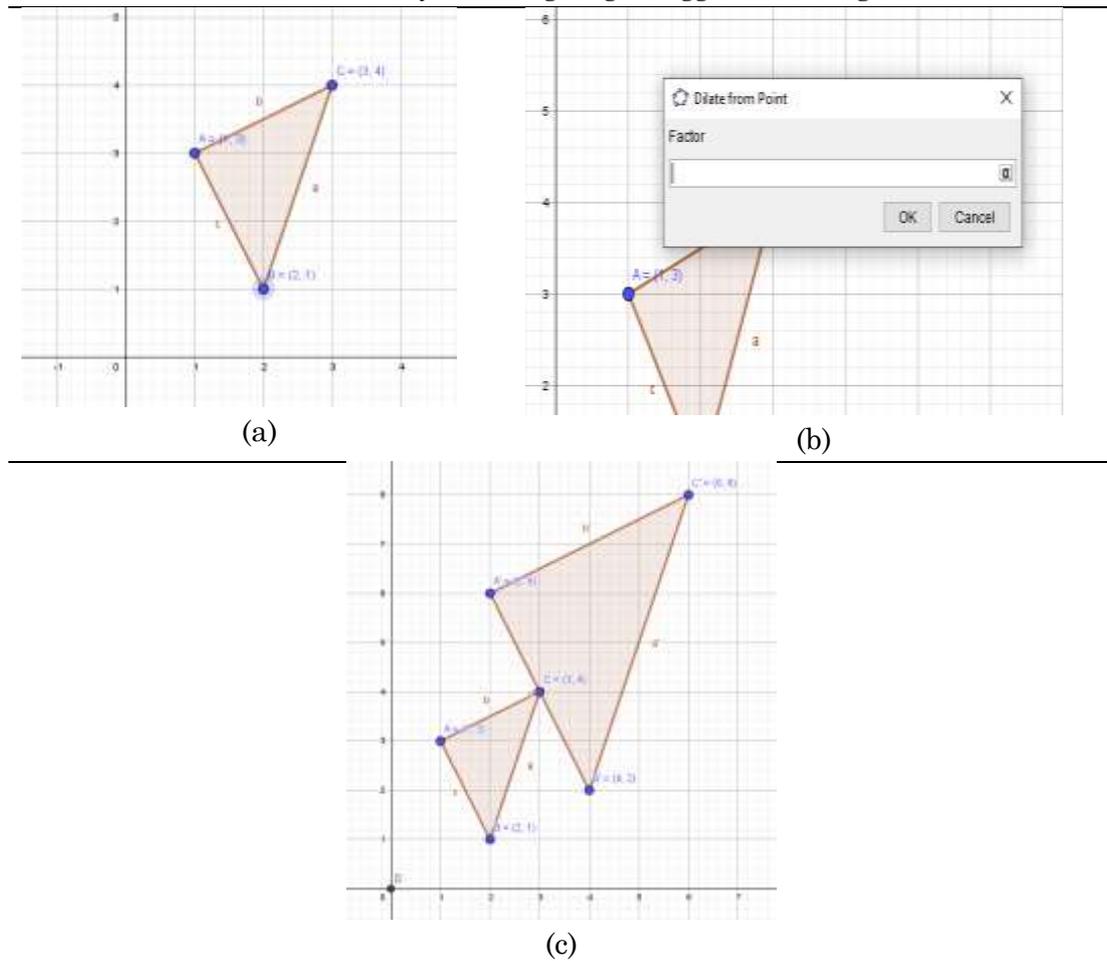
ECL yang tinggi akan mengganggu konstruksi pengetahuan di *working memory*. Konstruksi pengetahuan yang seharusnya fokus pada kekompleksitas materi akan terbagi untuk memahami ECL yang tidak perlu sehingga mengurangi efisiensi dan efektifitas suatu kegiatan pembelajaran. Pada tabel 2(a) adanya *split attention effect* yang perlu dihindari dalam penyajian soal/ bahan ajar. *Split attention effect* membuat fokus siswa terbagi karena teks dan gambar disajikan secara terpisah. Misalnya, siswa harus memperhatikan  $P(2, -2)$  dalam teks dan menyesuaikan kembali dengan koordinat P pada gambar dan seterusnya. Kondisi tersebut secara tidak langsung membuat fokus siswa teralihkan untuk menyesuaikan antara gambar dan teks daripada memahami kekompleksitas dari soal. Hal seperti ini juga diperlihatkan pada tabel 2(b) bahwa adanya penyajian materi secara berulang (*redundancy effect*). Pada tabel 2(b), koordinat tersajikan pada gambar juga pada teks sehingga mengakibatkan pengolahan informasi yang tidak perlu. Dalam penyajian materi perlu meminimalkan ECL sehingga pikiran siswa hanya berfokus untuk mengolah ICL, akibatnya kompleksitas dari materi dapat dipahami. Berikut contoh penyajian yang menghindari adanya ECL.



Tentukan transformasi  $D[0,3]$ !

Dari soal di atas, siswa dapat lebih mudah mengolah informasi yang ada. Soal yang tersaji tidak membuat siswa perlu berpikir dan mengolah informasi lain tentang penyajian soal. Siswa hanya perlu fokus pada kekompleksan dari soal. Dengan memperhatikan ICL dan ECL maka akan meningkatkan kapasitas dari GCL sehingga proses konstruksi pengetahuan dapat berlangsung secara efisien. Oleh karena itu, guru harus bisa menciptakan kegiatan pembelajaran yang berfokus untuk mengelolah *intrinsic cognitive load* dan meminimalkan *extraneous cognitive load* sehingga *germane cognitive load* dapat memproses informasi menjadi pengetahuan yang bermakna untuk selanjutnya disimpan di *long term memory*.

Dari beberapa soal di atas dapat dilihat bahwa penggunaan *geogebra* membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna. Hal ini dikarenakan *geogebra* dapat digunakan sebagai alat visualisasi dari bentuk geometri (Sylviani & Permana, 2019). Selain sebagai alat visualisasi, siswa dapat menggunakan *geogebra* sebagai alat pembelajaran langsung. Dengan pembelajaran langsung, penyajian informasi dapat dilakukan satu kali dengan berbagai strategi (Smaldino, 2011) sehingga dapat menghindari adanya *redundancy effect*. Misalnya pada materi geometri transformasi, siswa diminta untuk menentukan besar bayangan benda setelah dilatasi. Dengan pembelajaran langsung menggunakan *geogebra*, siswa dapat lebih memahami bagaimana konsep dilatasi.

**Tabel 3.** Pembelajaran Langsung Menggunakan *Geogebra*

Dari gambar di atas terlihat bahwa pemanfaatan *geogebra* dapat memudahkan siswa memahami konsep dilatasi. Pada gambar (a) posisi bangun datar sebelum didilatasi, gambar (b) adalah besarnya faktor yang akan diisi siswa. Siswa dapat mengisi sesuai dengan arahan guru ataupun sesuai keinginan mereka tergantung desain pembelajaran. Gambar (c) hasil dilatasi ( $k = 2$ ). Melalui pembelajaran langsung menggunakan *geogebra* siswa dapat terlibat langsung dalam proses dilatasi. Siswa akan lebih mudah mengerti. Penyajian soal menggunakan *geogebra* pun akan mengurangi *extraneous cognitive load* sehingga siswa akan lebih fokus dalam pengolahan *intrinsic cognitive load*.

### 3.4 Pembahasan

Setelah melakukan kajian terhadap berbagai literatur terlihat bahwa struktur kognitif manusia dapat mempengaruhi kegiatan pembelajaran. Menurut CLT, belajar adalah suatu proses kognitif untuk membangun pengetahuan di *working memory* dan selanjutnya disimpan di *long term memory* (Blegur, Oktaviani & Retnowati, 2017). Proses pembentukan pengetahuan yang ada di *working memory* dipengaruhi oleh

*intrinsic cognitive load*, *extraneous cognitive load*, dan *germane cognitive load*. Oleh sebab itu, seorang guru perlu memperhatikan bagaimana struktur kognitif manusia agar kegiatan pembelajaran dapat berlangsung secara efektif dan efisien. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2022) bahwa pembelajaran dengan mengacu pada teori beban kognitif (*Cognitive Load Theory*) akan menciptakan pembelajaran yang efektif dengan mengelola *intrinsic cognitive load* dan mengurangi *extraneous cognitive load*. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Putranto & Fahuzan (2017) bahwa pembelajaran matematika akan menjadi bermakna jika diimpikasikan berdasarkan teori beban kognitif dalam kegiatan pembelajaran. Dalam menciptakan kegiatan pembelajaran yang bermakna berdasarkan struktur kognitif manusia tentu diperlukan media pembelajaran yang menunjang pembelajaran. Penggunaan *geogebra* sebagai salah satu media pembelajaran memungkinkan siswa lebih memahami materi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Damayanti (2013) bahwa desain media pembelajaran berbantuan multimedia *geogebra* dapat meningkatkan kemampuan menyelesaikan masalah program linear. Hasil penelitian lain oleh Suwarno (2020) menyatakan bahwa pengembangan multimedia pembelajaran dengan materi trigonometri yang sesuai dengan teori beban kognitif akan menghindari terjadinya *overload kognitive* sehingga kegiatan pembelajaran dapat berlangsung efisien. Dari beberapa penelitian di atas maka pembelajaran berbantuan *geogebra* berdasarkan struktur kognitif manusia dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang efektif.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Struktur kognitif manusia mengacu pada proses mental yang digunakan oleh individu untuk mengolah dan memahami informasi yang diterima. Proses tersebut terjadi dalam suatu sistem memori manusia yang terdiri dari *sensory memory*, *working memory*, dan *long-term memory*. Saat belajar, informasi yang diterima oleh *sensory memory* akan diolah di *sensory memory* dengan memanggil kembali *prior knowledge* di *long term memory* yang kemudian menjadikannya sebagai informasi yang bermakna sehingga dapat disimpan jangka panjang di *long term memory*. Akan tetapi, *working memory* memiliki kapasitas dan durasi yang terbatas dalam mengolah suatu informasi. Oleh karena itu, perlu pengoptimalan dari beban kognitif di *working memory* yaitu mengelola *intrinsic cognitive load* dan meminimalkan *extraneous cognitive load* sehingga *germane cognitive load* dapat memproses informasi menjadi pengetahuan yang bermakna. Usaha meminimalkan *extraneous cognitive load* dapat dilakukan dengan meniadakan *split attention effect* dan *redundancy effect* pada penyajian soal. Hal tersebut dapat melibatkan aplikasi *geogebra* sebagai alat visualisasi dan media pembelajaran langsung.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, pertama peneliti sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas tuntunannya peneliti dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

## 6. REKOMENDASI

Rekomendasi bagi guru agar dalam membuat bahan ajar atau soal lebih memperhatikan penerapan struktur kognitif peserta didik agar pembelajaran dapat berlangsung secara optimal. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi materi lain dan media lain yang digunakan dalam pembelajaran dengan memperhatikan struktur kognitif manusia sehingga lebih banyak referensi bagi peserta didik.

## 7. REFERENSI

- Amir, Zubaidah & Risnawati. (2015). *Psikologi Pembelajaran Matematika*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo.
- Ardayeni, E., Yuhana, Y., & Hendrayana, A. (2019). Analisis germane cognitive load siswa ditinjau dari gaya belajar matematis pada pembelajaran Contextual Teaching and Learning. *Jurnal Math Educator Nusantara: Wahana Publikasi Karya Tulis Ilmiah di Bidang Pendidikan Matematika*, 5(01), 26-35.
- Asrifan, A., Muthmainnah., & M, Nur A. (2021). Book Review: Brian H. Ross. 2003. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Researches and Theory* Volume 43: Elsevier Science (USA).
- Baddeley, A. D., Graham, J. H., & Allen, R. J. (2018). From Short-term to Multicomponent Working Memory: The Role of The Modal Model. *Memory & Cognition*, 47, 575-588.
- Blegur, I. K. S., Oktaviani, N., & Retnowati E. (2017). Apakah strategi *goal-free* dapat memfasilitasi literasi matematika siswa? *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika 2017: Membudayakan Literasi Matematika di Era Digital*, 359-364. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Blegur, I. K. S., & Retnowati, E. (2018). Design of Goal Free Problems For Learning Central and Inscribed Angles. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097(1), 012128.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load and The Format Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Damayanti, F. (2013). Pembelajaran Berbantuan Multimedia Berdasarkan Teori Beban Kognitif untuk Meningkatkan Kemampuan Menyelesaikan Masalah Program Linear Siswa X TKR 1 SMKN 1 Doko. *Jurnal Pendidikan Sains*, 1(2), 133-140.
- Habsy, A. (2017). Seni memahami penelitian kualitatif dalam bimbingan dan konseling: Studi literatur. *JURKAM: Jurnal Konseling Andi Mattappa*, 1(2), 90.

- Kalyuga, S. (1998). Studies in Split-attention and Redudancy. (Thesis). School of Education Studies, University of New South Whales.
- Mayer, R. E. & Anderson, R. B. (1992). The Instructive Animation: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 444-452.
- Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63(2), 81.
- Nabuasa, A., & Blegur, I. K. S. (2022). Faded Example Sebagai Alat untuk Memfasilitasi Pembelajaran Matematika Sekolah. *Asimtot: Jurnal Kependidikan Matematika*, 4(1), 83-89.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Pambayun, H. & Retnowati, Endah. (2018). Penerapan teknik Faded example untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah materi pengayaan trigonometri SMA. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 5(1), 73-81.
- Putranto, S., & Fahuzan, K. (2017). Implikasi Teori Beban Kognitif dalam Merancang Pembelajaran Matematika Bermakna. In *Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*.
- Retnowati, E. (2008). Keterbatasan Memori dan Implikasinya dalam Mendesain Metode Pembelajaran Matematika. *Seminar Memori dan Pendidikan Matematika*. 359-372.
- Shiffrin, R. M. (1973). Information Persistence in Short-term Memory. *Journal of Experimental Psychology*, 100(1), 39-49.
- Smaldino, SE., Lowther, DL., & Russell, JD. 2011. *Instructional Technology and Media for Learning: Teknologi Pembelajaran dan Media untuk Belajar*. Terjemahan Arif Rahman. Jakarta: Kencana.
- Suwarno, M. (2020). Teori Beban Kognitif dalam Pengembangan Multimedia Pembelajaran Matematika. *Alauddin Journal of Mathematics Education*, 2(2), 117-125.
- Sweller, J., Ayres, Paul & Kalyuga, Salva. (2011). *Cognitive Load Theory*. London: Springer.
- Sylviani, S., & Permana, F. C. (2019). Pembelajaran matematika tingkat sekolah dasar menggunakan aplikasi *geogebra* sebagai alat bantu siswa dalam memahami materi geometri. *Edsence: Jurnal Pendidikan Multimedia*, 1(1), 1-8.