

## INTERVENSI GURU DALAM DISKUSI KELOMPOK UNTUK MENGURANGI MUATAN KOGNITIF INTRINSIK

Nufe Auliya' Bernadine, I Nengah Parta\*, Dahliatul Hasanah

Magister Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan  
Universitas Negeri Malang

\*Email: [nengah.parta.fmipa@um.ac.id](mailto:nengah.parta.fmipa@um.ac.id)

### ABSTRACT

*Intrinsic Cognitive Load (ICL) is a cognitive load inherent in the material and has a positive impact on learning. However, working memory as an active tool that processes cognitive load has limited capacity, and ICL cannot be completely eliminated. Group learning is one of the learning methods that can help manage ICL. Mathematics is one of the subjects with high ICL, including the Pythagorean theorem. This study aims to analyze the forms of teacher intervention during group discussions that support students in managing ICL while constructing the Pythagorean Theorem. The data source of this study consisted of 14 eighth-grade students divided into four groups. The results showed that prerequisite activation, validation, scaffolding, and abstraction in teacher interventions helped eliminate ICL.*

*Keywords: group discussion; intrinsic cognitive load; mathematics education; Pythagorean theorem; teacher intervention*

### PENDAHULUAN

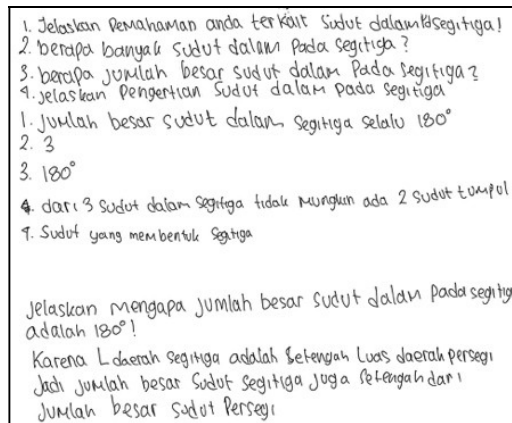
Memori kerja memiliki peran penting dalam memproses informasi selama pembelajaran, namun kemampuannya terbatas. Keterbatasan ini menjadi masalah dalam pembelajaran matematika, karena pembelajaran matematika melibatkan beragam informasi yang diproses simultan. Informasi yang diproses memori kerja kemudian disebut sebagai muatan kognitif, sedangkan elemen adalah satuan muatan kognitif. Dalam bidang matematika, elemen dapat berupa fakta, konsep, operasi, dan prinsip. Teori terkini menunjukkan bahwa memori kerja memiliki kapasitas terbatas dalam durasi maupun jumlah informasi yang dapat diproses secara bersamaan, sehingga ketika muatan informasi melebihi kapasitas tersebut, pembelajaran menjadi tidak efektif (Ginns & Leppink, 2019). Kondisi ini menjadi masalah dalam pembelajaran matematika yang secara inheren memiliki tingkat interaktivitas elemen yang tinggi.

Teori Muatan Kognitif menjelaskan bahwa efektivitas pembelajaran sangat dipengaruhi oleh cara memori kerja mengelola muatan kognitif. Dalam teori ini, muatan kognitif diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu *extraneous*, *intrinsic*, dan *germane*. *Extraneous Cognitive Load* (ECL) merupakan muatan yang timbul akibat cara penyajian materi, misalnya melalui tampilan media pembelajaran yang tidak efektif. *Intrinsic Cognitive Load* (ICL) berasal dari kompleksitas materi itu sendiri, sedangkan *Germane Cognitive Load* (GCL) berkaitan dengan usaha mental yang mendukung pembentukan skema pengetahuan. Pengelolaan ketiga jenis muatan kognitif ini sangat penting untuk mengoptimalkan proses pembelajaran, di mana ECL perlu diminimalkan, GCL perlu ditingkatkan, dan ICL harus dikelola agar tidak melampaui kapasitas memori kerja (Skulmowski & Xu, 2022). Selain itu, semakin tinggi interaktivitas elemen dalam suatu materi, maka semakin besar pula ICL yang dihasilkan.

Studi pendahuluan yang dilakukan berfokus pada pemahaman siswa tentang jumlah sudut dalam segitiga. Hasil data menunjukkan bahwa siswa mengetahui jumlah sudut segitiga adalah  $180^\circ$ , tetapi tidak mampu menjelaskan alasan matematisnya. Materi ini melibatkan beberapa elemen ICL, seperti sudut dalam segitiga, banyak sudut dalam segitiga, serta pembuktian agar hasil tersebut berlaku umum. Hasil wawancara menunjukkan bahwa siswa belum memahami beberapa elemen ICL seperti pengertian sudut dalam segitiga. Siswa hanya menyebut sudut dalam segitiga sebagai “sudut yang membentuk segitiga” dan ketika diminta menjelaskan lebih lanjut, siswa hanya menunjuk bagian sudut tanpa memberikan penjelasan.

Sementara itu, siswa belum mampu memberikan alasan jumlah sudut segitiga  $180^\circ$ . Siswa memberikan jawaban yang tidak tepat, yaitu mengaitkannya dengan luas daerah segitiga yang dianggap setengah dari luas daerah persegi. Kemudian siswa menyimpulkan bahwa jumlah sudut dalam segitiga juga setengah dari  $360^\circ$ . Saat ditanya lebih lanjut bahwa pemaknaan tersebut hanya berlaku pada segitiga siku-siku, siswa kembali mengalami kebingungan. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa masih sebatas hafalan dan belum didukung pemahaman konseptual. Muatan kognitif intrinsik pada materi ini belum diolah secara optimal oleh siswa. Ketika siswa didorong untuk mengolah konsep tersebut, siswa tampak kesulitan. Oleh karena itu, diperlukan intervensi yang tepat agar siswa dapat mengelola muatan kognitif intrinsik secara efektif dan membangun pemahaman konseptual yang benar.

Untuk mengidentifikasi lebih lanjut kesalahan konsep yang terjadi, peneliti memberikan tes diagnostik berupa pertanyaan terbuka mengenai alasan jumlah sudut segitiga. Salah satu dokumentasi jawaban siswa yang merepresentasikan pemahaman awal tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jawaban siswa terkait jumlah sudut dalam segitiga

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa ketika ditanya alasan jumlah sudut segitiga  $180^\circ$ , siswa memberikan jawaban yang mengaitkannya dengan luas daerah segitiga yang dianggap setengah dari luas daerah persegi. Siswa menyimpulkan bahwa karena jumlah sudut persegi adalah  $360^\circ$ , maka jumlah sudut dalam segitiga juga setengah dari  $360^\circ$ . Jawaban ini mengindikasikan adanya miskonsepsi, di mana siswa mencampuradukkan konsep geometri datar (luas daerah) dengan konsep sudut. Selain itu, jawaban siswa pada bagian lain menunjukkan pemahaman yang parsial, misalnya menyebutkan bahwa sudut dalam segitiga tidak mungkin ada dua sudut tumpul tanpa penjelasan logis. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa masih sebatas hafalan dan belum didukung pemahaman konseptual yang kuat. Muatan kognitif intrinsik pada materi ini belum diolah secara optimal oleh siswa karena kurangnya skema mental yang tepat untuk membedakan elemen-elemen geometri tersebut. Ketika siswa didorong untuk mengolah konsep tersebut, siswa tampak kesulitan. Oleh karena itu, diperlukan intervensi yang tepat agar siswa dapat mengelola muatan kognitif intrinsik secara efektif dan membangun pemahaman konseptual yang benar.

Teorema Pythagoras merupakan salah satu materi matematika yang memiliki ICL tinggi. Teorema Pythagoras berbunyi "Misalkan  $a, b, c$  adalah panjang sisi-sisi segitiga siku-siku dengan  $c$  adalah panjang hypotenusa, maka  $c^2 = a^2 + b^2$ ". Pemahaman teorema ini membutuhkan penguasaan materi segitiga siku-siku, dimana siswa perlu memahami karakteristiknya seperti memiliki sudut dengan ukuran  $90^\circ$  serta identifikasi hypotenusa. Pada saat yang sama, siswa harus memahami bilangan kuadrat serta bilangan akar kuadrat. Kompleksitas ini semakin meningkat karena siswa juga harus melakukan operasi penjumlahan atau inversnya serta perhitungan dari nilai-

nilai yang diberikan. Selain itu, penggunaan notasi aljabar berupa variabel dan tanda kesetaraan mengharuskan siswa untuk memaknai simbol sebagai representasi umum dari panjang sisi segitiga.

Dalam mengatasi kompleksitas materi matematika seperti Teorema Pythagoras, pembelajaran kelompok sering dipandang sebagai pendekatan potensial untuk mengakomodasi keterbatasan kapasitas memori kerja siswa. Pembelajaran kelompok memungkinkan distribusi muatan kognitif melalui interaksi antar anggota kelompok. Qazi dkk. (2026) menunjukkan bahwa pembelajaran kelompok dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Selain itu, pembelajaran kelompok juga berfungsi sebagai mekanisme kompensasi kognitif, khususnya bagi siswa dengan kemampuan awal yang lebih rendah (Chen dkk., 2026). Melalui diskusi dan pertukaran ide, siswa memperoleh umpan balik kolaboratif yang dapat membantu klarifikasi materi, meningkatkan kemahiran, serta membangun kepercayaan diri dalam belajar matematika (Cahusac dkk., 2024).

Meskipun pembelajaran kelompok menawarkan potensi untuk mendistribusikan muatan kognitif, pendekatan ini tidak selalu berjalan efektif. Pembelajaran kelompok yang diterapkan secara tradisional sering kali gagal mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan (Noroozi dkk., 2025), terutama ketika interaksi antar siswa tidak terarah. Perbedaan pemahaman dan strategi penyelesaian masalah antar kelompok dapat menghasilkan kualitas hasil belajar yang tidak merata (Ben dkk., 2025). Selain itu, keterlibatan keterampilan sosial dapat menjadi sumber kesulitan tambahan bagi siswa, khususnya ketika mereka harus mengoordinasikan komunikasi, pengambilan keputusan, dan pemecahan masalah secara bersamaan (Zheng dkk., 2025). Kompleksitas interaksi ini dapat meningkatkan muatan kognitif, karena siswa tidak hanya berfokus pada materi matematika, tetapi juga pada dinamika sosial kelompok.

Dalam kondisi pembelajaran kelompok yang melibatkan kemampuan kognitif dan kemampuan sosial, peran guru menjadi krusial dalam mengolah ICL agar tetap berada dalam batas kapasitas memori kerja siswa. Guru berperan sebagai fasilitator yang membantu siswa memproses elemen-elemen konseptual secara lebih terstruktur. Pemberian perancah oleh guru terbukti dapat membantu siswa mengolah informasi yang masuk ke memori kerja secara lebih efektif (Nooijen dkk., 2024). Selain itu, guru memiliki tanggung jawab untuk membimbing interaksi antar siswa agar diskusi kelompok tetap terfokus pada tujuan konseptual pembelajaran (Pekka dkk., 2025). Tanpa bimbingan yang memadai, pembelajaran kelompok justru berpotensi meningkatkan tekanan kognitif akibat kompleksitas interaksi sosial dan kognitif yang terjadi secara bersamaan. Namun demikian, membimbing kelompok kecil bukanlah tugas yang mudah dan sering menjadi tantangan

tersendiri bagi guru (Calor dkk., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa guru yang memberikan dukungan lebih intensif mampu menghasilkan diskusi matematika yang tidak hanya lebih banyak, tetapi juga lebih berkualitas, sehingga membantu siswa membangun pemahaman konseptual secara lebih bermakna (Calor dkk., 2024). Intervensi guru berfungsi sebagai mekanisme penting dalam mengolah ICL untuk memandu cara siswa berinteraksi dengan elemen-elemen tersebut secara bertahap dan terarah.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bentuk-bentuk intervensi guru selama diskusi kelompok yang mendukung siswa dalam mengurangi ICL saat mengonstruksi Teorema Pythagoras. Secara khusus, penelitian ini berfokus pada bagaimana intervensi guru dapat mengkoordinir interaktivitas elemen konseptual agar pemrosesan informasi siswa tetap berada dalam batas kapasitas memori kerja. Temuan penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam memperkaya kajian Teori Muatan Kognitif, khususnya terkait pengolahan ICL dalam konteks pembelajaran kelompok. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi guru dalam merancang dan menerapkan intervensi yang lebih efektif pada pembelajaran matematika yang kompleks.

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk menjawab pertanyaan "bagaimana" dan "mengapa" suatu fenomena terjadi melalui pengkajian mendalam terhadap situasi nyata di kelas (Creswell, 2014). Secara spesifik, studi kasus diterapkan untuk menganalisis bentuk-bentuk intervensi guru selama diskusi kelompok yang mendukung siswa dalam mengelola *Intrinsic Cognitive Load* (ICL) saat mengonstruksi Teorema Pythagoras. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat mengeksplorasi secara komprehensif dinamika interaksi antara guru dan siswa, jenis intervensi yang muncul, serta dampaknya terhadap pemrosesan elemen-elemen konseptual dalam memori kerja siswa. Hal ini memungkinkan pemahaman yang utuh mengenai bagaimana intervensi guru dapat mengkoordinir interaktivitas elemen agar tetap berada dalam batas kapasitas kognitif siswa selama pembelajaran matematika yang kompleks.

Partisipan penelitian terdiri atas 14 siswa kelas VIII SMP yang sedang mempelajari materi Teorema Pythagoras, dengan rincian 9 siswa laki-laki dan 5 siswa perempuan. Siswa dibagi ke dalam empat kelompok kecil berdasarkan pilihan siswa agar nyaman saat melakukan diskusi kolaboratif. Meskipun demikian, peneliti tetap memperhatikan keberagaman kemampuan akademik antarkelompok sehingga interaksi diskusi yang dinamis dan kebutuhan intervensi yang beragam dapat muncul selama pembelajaran kolaboratif.

Pembelajaran dilaksanakan dalam satu sesi kelas, dengan tugas mengonstruksi makna Teorema Pythagoras melalui aktivitas eksploratif berbasis representasi ganda (geometris, numerik, simbolis).

**Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap berikut ini.**

**Tahap 1. Perancangan Situasi Pembelajaran**

Pada tahap pertama, peneliti merancang aktivitas pembelajaran berbasis diskusi kelompok dengan tugas mengonstruksi Teorema Pythagoras melalui pendekatan visual dan manipulatif. Tugas dirancang agar memuat elemen-elemen konseptual yang saling berinteraksi, seperti segitiga siku-siku, luas persegi, kuadrat bilangan, serta representasi aljabar. Rancangan ini bertujuan memunculkan interaktivitas elemen yang menjadi sumber ICL. Dengan demikian, siswa tidak hanya menerima prinsip  $a^2 + b^2 = c^2$ , tetapi membangunnya melalui eksplorasi luas daerah persegi pada setiap sisi segitiga siku-siku.

**Tahap 2. Pelaksanaan dan Identifikasi Intervensi**

Pada tahap ini, pembelajaran dilaksanakan dalam bentuk diskusi kelompok. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengamati dinamika diskusi dan memberikan intervensi ketika diperlukan. Intervensi guru dilakukan secara spontan yang secara responsif sesuai kondisi yang berkembang di lapangan. Guru menyesuaikan bentuk, intensitas, dan waktu intervensi berdasarkan kesulitan yang muncul, jenis kesalahan yang terjadi, serta kebutuhan masing-masing kelompok. Dengan pendekatan ini, intervensi bersifat kontekstual dan situasional. Guru tidak menyederhanakan kompleksitas konsep, tetapi membantu siswa mengoordinasikan elemen-elemen yang harus diproses secara simultan dalam memori kerja. Selama proses diskusi, seluruh aktivitas direkam menggunakan video. Catatan lapangan juga dibuat untuk mendokumentasikan bentuk intervensi serta respons siswa.

**Tahap 3. Analisis Intervensi dan Keterkaitannya dengan Muatan Kognitif Intrinsik**

Pada tahap ketiga, seluruh data dianalisis untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk intervensi guru. Analisis dilakukan dengan menelaah rekaman video dan catatan lapangan. Setiap intervensi dikodekan berdasarkan karakteristiknya, kemudian dikelompokkan ke dalam 5 jenis intervensi. Proses pengkodean dilakukan secara sistematis dengan membandingkan tujuan kemunculan intervensi. Analisis difokuskan pada bagaimana intervensi tersebut membantu siswa mengintegrasikan elemen ICL, mengurangi hambatan, serta memfasilitasi proses abstraksi dari representasi konkret menuju bentuk simbolik.

**Teknik Pengumpulan Data**

Data penelitian diperoleh melalui rekaman video proses diskusi kelompok, catatan lapangan yang memuat deskripsi intervensi dan respons

siswa, serta dokumentasi hasil kerja kelompok. Rekaman video menjadi sumber utama analisis karena memungkinkan peneliti mengamati interaksi verbal, gestur, serta dinamika kelompok secara utuh. Catatan lapangan digunakan untuk melengkapi dan memperjelas konteks kemunculan intervensi.

#### **Analisis Data**

Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui tahap reduksi data, pengkodean, pengelompokan kategori, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap awal, peneliti mengidentifikasi seluruh intervensi guru yang muncul selama diskusi. Selanjutnya, intervensi tersebut diklasifikasikan berdasarkan kesamaan fungsi dan tujuan pedagogisnya. Dari proses ini diperoleh beberapa jenis intervensi yang mendukung pengolahan ICL. Untuk menjaga konsistensi interpretasi, analisis dilakukan secara berulang hingga diperoleh pola yang stabil. Setiap temuan ditelusuri kembali pada data mentah untuk memastikan bahwa kategori yang terbentuk benar-benar merepresentasikan praktik intervensi di lapangan.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada pembelajaran kelompok materi Teorema Pythagoras, ICL muncul dari keharusan untuk mengintegrasikan berbagai elemen secara simultan dalam proses konstruksi pemahaman. Salah satu sumber utama ICL adalah ketika siswa diminta membangun ide dasar Teorema Pythagoras melalui representasi persegi pada masing-masing sisi segitiga siku-siku. Proses ini mengharuskan siswa mengaitkan bangun datar persegi dengan struktur segitiga siku-siku secara simultan. Selain itu, siswa juga harus melakukan perhitungan luas daerah setiap persegi, yang melibatkan bilangan kuadrat dan operasi aritmetika, kemudian membuat bentuk umum dari hasil perhitungan tersebut. Penggunaan notasi aljabar dalam menyatakan luas daerah setiap persegi mengharuskan siswa untuk memahami variabel sebagai representasi umum dari panjang sisi. Kompleksitas semakin meningkat ketika siswa harus menghubungkan luas daerah setiap persegi tersebut dengan relasi antar sisi segitiga, sehingga menghasilkan kesimpulan hubungan  $a^2 + b^2 = c^2$ . Seluruh proses ini melibatkan pemrosesan simultan antara representasi visual, perhitungan numerik, dan relasi simbolik.

Data menunjukkan terdapat 15 intervensi guru selama diskusi kelompok. Intervensi tersebut diklasifikasikan ke dalam empat jenis pengolahan ICL ketika siswa mengonstruksi Teorema Pythagoras, yaitu: (1) aktivasi prasyarat, (2) *scaffolding*, (3) validasi, dan (4) bimbingan abstraksi. Empat jenis intervensi ini berperan membantu siswa mengoordinasikan elemen-elemen ICL yang harus diproses secara simultan.

## 1. Aktivasi Prasyarat

Intervensi aktivasi prasyarat diberikan ketika siswa tidak dapat mengingat atau kembali pengetahuan yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas. Sebelum memulai konstruksi Teorema Pythagoras, guru meninjau kembali materi segitiga siku-siku, luas daerah persegi, dan bilangan kuadrat. Namun, pada saat diminta menghitung luas daerah persegi, Kelompok 3 masih menanyakan kembali cara menentukan luas daerah persegi. Guru merespons dengan mengarahkan siswa untuk meninjau kembali materi yang telah dibahas pada awal pembelajaran.

Selain itu, Kelompok 3 dan Kelompok 4 belum mampu merepresentasikan  $12 \times 12$  dan  $15 \times 15$  dalam bentuk kuadrat. Untuk membantu mereka, guru memberikan contoh bilangan yang lebih familiar dari materi bilangan berpangkat, yakni meminta siswa mengubah  $2 \times 2 \times 2$  ke dalam bentuk perpangkatan. Intervensi ini bertujuan mengaktifkan kembali skema yang relevan dalam LTM sehingga siswa dapat mengatasi hambatan dalam penyelesaian tugas.

Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan konstruksi materi tidak hanya ditentukan oleh paparan kembali materi prasyarat, tetapi juga oleh kesiapan dan fokus siswa saat pembelajaran berlangsung. Meskipun materi telah dijelaskan sebelumnya, sebagian kelompok tetap mengalami kesulitan dalam mengakses kembali pengetahuan prasyarat tersebut.

## 2. *Scaffolding*

*Scaffolding* diberikan ketika seluruh kelompok belum mampu menyelesaikan tugas yang diberikan. Pada penelitian ini, siswa diminta mengonstruksi Teorema Pythagoras dengan cara mengaitkan luas daerah beberapa persegi dengan segitiga siku-siku yang telah dibuat. Tugas ini memiliki ICL yang tinggi karena melibatkan berbagai elemen simultan, yaitu luas daerah persegi, segitiga siku-siku, bilangan kuadrat, operasi bilangan, serta keterhubungannya dengan panjang sisi-sisi segitiga. Setiap kelompok harus memproses keterkaitan antarelemen tersebut sambil menemukan keterkaitan antara luas daerah persegi dan bagian-bagian pada segitiga siku-siku.

Meskipun guru telah memberikan waktu untuk berdiskusi, tidak ada kelompok yang berhasil menyelesaikan tugas dengan tepat. Oleh karena itu, guru memecah kompleksitas tugas menjadi langkah-langkah yang lebih terstruktur. Pada instruksi pertama, setiap kelompok diminta menggambar tiga persegi dengan panjang sisi yang sesuai dengan masing-masing panjang sisi segitiga. Setelah persegi digambar dan dipotong, guru memberikan instruksi kedua, yaitu menghitung luas daerah masing-masing persegi. Selanjutnya, siswa diminta membuat suatu persamaan dari ketiga luas daerah persegi. Setelah persamaan berhasil dibuat, guru memberikan instruksi keempat, yaitu menghubungkan luas daerah masing-masing persegi dengan panjang sisi-sisi segitiga siku-siku.

Intervensi ini membantu siswa mengoordinasikan representasi visual (gambar persegi), numerik (perhitungan luas), dan simbolik (persamaan) secara bertahap. Dengan pemecahan langkah yang sistematis, interaktivitas elemen yang semula diproses secara bersamaan menjadi lebih terstruktur. Sehingga, ICL dapat dikelola secara lebih efektif tanpa mengurangi esensi konseptual Teorema Pythagoras. Untuk membantu kelompok tertentu yang masih mengalami hambatan, digunakan intervensi *scaffolding+*.

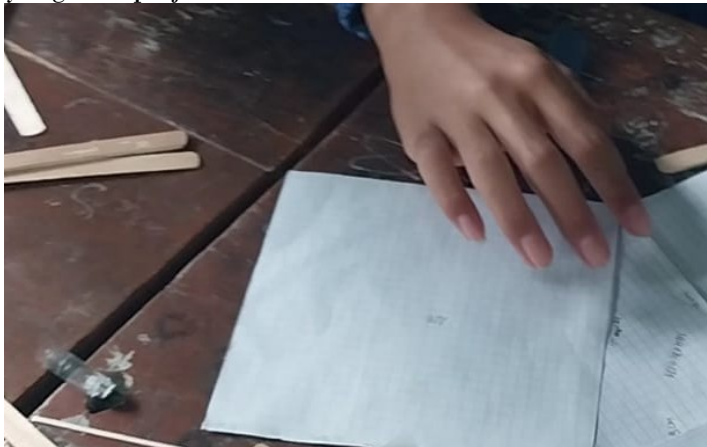
Berbeda dengan *scaffolding* yang diberikan kepada seluruh kelompok, *scaffolding+* diberikan secara lebih spesifik kepada kelompok yang mengalami hambatan tertentu. Pada instruksi pertama dalam tahap *scaffolding*, Kelompok 2 dan Kelompok 4 memperoleh panjang sisi persegi yang melebihi satu halaman buku kotak-kotak. Kelompok 4 mampu mengatasi kendala tersebut secara mandiri, sedangkan Kelompok 2 mengalami kesulitan. Guru kemudian membantu dengan mengarahkan siswa menggambar titik-titik sudut persegi terlebih dahulu, kemudian menghubungkannya sehingga terbentuk persegi yang proporsional.

Pada instruksi kedua, Kelompok 2 mengalami kesulitan menghitung  $9 \times 9$ . Guru tidak langsung memberikan jawaban, tetapi mengarahkan siswa untuk merepresentasikan  $9 \times 9$  menjadi  $9 \times (\dots \pm \dots)$ . Selanjutnya, pada instruksi ketiga, Kelompok 3 dan Kelompok 4 belum mampu menyusun persamaan yang diharapkan. Untuk membantu mereka memahami relasi antarluas daerah persegi, guru menggunakan pendekatan konkret dengan meminta siswa menutupi daerah persegi terbesar menggunakan beras seperti pada Gambar 2 secara merata, tanpa celah atau tumpang tindih. Beras tersebut kemudian dipindahkan ke daerah persegi sedang dan daerah persegi kecil. Setelah itu, guru mengajukan pertanyaan reflektif mengenai hubungan jumlah beras pada ketiga persegi tersebut.



Gambar 2. Siswa menemukan hubungan luas-luas daerah persegi menggunakan beras

Pada instruksi keempat, ketika Kelompok 3 dan Kelompok 4 masih mengalami kesulitan, guru meminta mereka membayangkan persegi dan segitiga sebagai sebuah *puzzle* seperti pada Figure 4, kemudian menghubungkan sisi-sisi segitiga dengan sisi-sisi persegi yang bersesuaian. Melalui aktivitas konkret tersebut, siswa memperoleh pengalaman visual dan kinestetik yang membantu mereka memahami materi. Intervensi ini menunjukkan bahwa pengolahan ICL tidak hanya dilakukan melalui penjelasan verbal, tetapi juga melalui manipulasi representasi yang memperjelas keterkaitan antarelemen ICL.



Gambar 3. Siswa menemukan hubungan luas daerah setiap persegi dan panjang setiap sisi segitiga melalui bentuk yang disusun seperti *puzzle*

### 3. Validasi

Intervensi validasi diberikan ketika terjadi perbedaan pendapat dalam kelompok dan menghasilkan jawaban yang tidak tepat. Pada saat menggambar menggunakan penggaris, Kelompok 2 dan Kelompok 3 berbeda pendapat mengenai titik awal pengukuran, apakah dimulai dari bilangan 0 atau 1. Guru kemudian memvalidasi bahwa pengukuran yang benar dimulai dari 0. Selain itu, Kelompok 2 juga melakukan kesalahan dalam perhitungan. Guru meminta Kelompok 2 menjelaskan kembali langkah perhitungan yang mereka lakukan. Melalui proses tersebut, siswa menyadari letak kesalahannya dan memperbaikinya secara mandiri.

Validasi berfungsi menjaga ketepatan proses selama konstruksi berlangsung. Tanpa validasi yang tepat waktu, kesalahan yang tidak teridentifikasi dapat membentuk pemahaman yang salah dan pada akhirnya meningkatkan ICL, karena siswa harus merekonstruksi kembali pengetahuan yang sudah terlanjur salah. Dengan intervensi yang proporsional, guru membantu siswa menata ulang elemen yang tidak konsisten sehingga pemrosesan tetap berada dalam batas kapasitas memori kerja siswa.

#### 4. Bimbingan Abstraksi

Bimbingan abstraksi diberikan ketika siswa telah menemukan hubungan antara luas daerah persegi dan panjang sisi-sisi segitiga siku-siku secara konkret, tetapi belum mampu merumuskannya dalam bentuk umum. Setelah memahami bahwa setiap luas daerah persegi merupakan hasil kuadrat dari panjang sisi segitiga yang bersesuaian, guru meminta siswa menuliskan keterkaitan tersebut dalam bentuk aljabar. Misalnya luas daerah-daerah persegi berturut-turut adalah  $x, y, z$  dimana  $z$  adalah luas daerah persegi terbesar dan panjang setiap sisi segitiga yang bersesuaian berturut-turut adalah  $a, b, c$ , maka kelompok 1 dan kelompok 2 menuliskan  $x + y = z$  menjadi  $a \times a + b \times b = c \times c$ . Guru selanjutnya mengarahkan siswa mengubah bentuk tersebut ke dalam notasi kuadrat.

Setelah persamaan diperoleh, guru meminta siswa menentukan panjang hipotenusa tanpa menggunakan alat ukur, melainkan melalui persamaan yang telah ditemukan. Siswa kemudian memahami bahwa panjang hipotenusa merupakan akar dari jumlah kuadrat dua sisi tegak. Intervensi ini membantu siswa mengonstruksi Teorema Pythagoras dari representasi kasus khusus menuju perumusan prinsip umum. Proses abstraksi tersebut melibatkan integrasi simultan antara simbol, operasi aljabar, dan relasi geometris. Melalui arahan yang sistematis, siswa dapat menyusun generalisasi secara bertahap tanpa melebihi kapasitas memori kerjanya.

#### Sintesis Temuan

Keempat jenis intervensi tersebut menunjukkan bahwa peran guru dalam diskusi kelompok bersifat adaptif dan responsif terhadap kebutuhan kognitif masing-masing kelompok. Intervensi tidak diberikan secara seragam, melainkan disesuaikan dengan jenis dan tingkat kesulitan yang dialami siswa pada setiap tahap konstruksi konsep. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa pengolahan ICL terletak pada cara guru memediasi interaksi siswa dengan elemen-elemen ICL yang simultan. Guru tidak menyederhanakan substansi Teorema Pythagoras, tetapi mengelola kompleksitasnya melalui pengaturan langkah, representasi, dan bentuk bantuan yang tepat. Representasi visual, numerik, dan simbolik tidak diproses secara terpisah, melainkan dikoordinasikan secara bertahap hingga membentuk pemahaman yang utuh.

Melalui intervensi yang terstruktur dan adaptif, siswa mampu mengonstruksi hubungan  $a^2 + b^2 = c^2$  secara bermakna. Proses tersebut berlangsung tanpa melampaui kapasitas memori kerja, karena setiap elemen konseptual diintegrasikan secara bertahap dan konsisten. Temuan ini menguatkan bahwa efektivitas pengelolaan ICL tidak terletak pada pengurangan kompleksitas materi, melainkan pada ketepatan strategi pedagogis dalam mengarahkan proses konstruksi pengetahuan. Tabel 1 menampilkan empat jenis intervensi beserta bentuk intervensi di setiap jenisnya.

Tabel 1. Jenis dan Bentuk Intervensi

A. Jenis Intervensi	B. Bentuk intervensi
C. Aktivasi Prasyarat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Luas daerah persegi</li> <li>2. Bilangan kuadrat</li> </ol>
D. <i>Scaffolding</i>	<p>ICL: instruksi membuat suatu persegi dimana setiap luas daerah persegi ada hubungannya dengan segitiga yang telah dibuat</p> <p><i>Scaffolding:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi agar setiap kelompok menggambar 3 buah persegi dimana masing-masing panjangnya adalah setiap panjang sisi dari segitiga</li> <li>2. Instruksi menghitung luas daerah persegi yang telah digambar</li> <li>3. Instruksi membuat persamaan berdasarkan luas daerah persegi yang telah didapatkan</li> <li>4. Instruksi untuk menghubungkan luas daerah setiap persegi dan panjang setiap sisi segitiga</li> </ol> <p><i>Scaffolding+</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi menggambar persegi dengan menentukan titik-titik sudut persegi terlebih dahulu kemudian menghubungkannya</li> <li>2. Instruksi menghitung menggunakan sifat distributif</li> <li>3. Instruksi untuk menutupi daerah persegi terbesar dengan beras sehingga tidak ada beras yang terlalu renggang dan tumpang tindih</li> <li>4. Instruksi untuk membayangkan persegi dan segitiga menjadi suatu <i>puzzle</i> kemudian menghubungkan sisi-sisi segitiga dengan sisi-sisi persegi</li> </ol>
E. Validasi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penggunaan penggaris dimulai dari bilangan <b>0</b></li> <li>2. Kesalahan hitungan</li> </ol>
F. Bimbingan Abstraksi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instruksi untuk menuliskan hubungan luas daerah persegi dengan panjang sisi segitiga pada bentuk aljabar yang telah dibuat</li> <li>2. Instruksi mengubah menjadi bentuk kuadrat</li> <li>3. Instruksi memahami menentukan panjang hypotenusa tanpa menggunakan alat ukur</li> </ol>

### ***Penulisan Persamaan atau Rumus Matematika***

Pengajaran adaptif menekankan pada penyesuaian tujuan pembelajaran dan aktivitas belajar yang dirancang secara spesifik untuk mencapai tujuan tersebut sesuai dengan kebutuhan siswa (Kalyuga, 2026). Sejalan dengan kerangka tersebut, hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi guru yang diberikan tidak selalu sama, melainkan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing kelompok. Dari empat kelompok yang diamati, dua kelompok mampu menyelesaikan tugas lebih cepat dibandingkan dua kelompok lainnya. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi dalam kemampuan awal, strategi pemecahan masalah, serta efektivitas interaksi antar anggota kelompok. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat interaktivitas elemen yang harus diproses secara simultan berbeda pada tiap kelompok, sehingga memerlukan bentuk intervensi guru yang adaptif untuk membantu siswa mengolah muatan kognitif yang muncul selama proses diskusi.

Guru perlu memberikan validasi kepada siswa ketika terjadi kesalahan dalam proses pembelajaran, khususnya untuk mencegah berkembangnya miskonsepsi yang berkelanjutan (Sol et al., 2025). Sejalan dengan hal itu, penelitian ini menunjukkan bahwa diskusi kelompok tidak selalu menghasilkan keputusan yang benar. Pada beberapa kondisi, kelompok menyepakati jawaban yang salah akibat miskonsepsi yang tidak terdeteksi selama diskusi berlangsung. Oleh karena itu, peran guru sebagai pengawas dan validator menjadi penting. Intervensi guru dalam bentuk klarifikasi, pertanyaan penuntun, atau konfirmasi jawaban yang benar berfungsi untuk mencegah siswa mempertahankan pemahaman yang salah. Tindakan ini tidak hanya menjaga ketepatan pemahaman, tetapi juga membantu mengurangi ICL yang meningkat ketika siswa harus merekonstruksi pemahaman dari kesimpulan yang salah.

Penerapan pelatihan pendahuluan untuk meningkatkan pengetahuan awal siswa dapat menyebabkan ICL yang lebih tinggi dalam pembelajaran matematika (Endres et al., 2023). Namun, temuan penelitian ini menegaskan bahwa pengetahuan prasyarat tetap memiliki peran penting ketika diberikan secara terarah dan ringkas sebelum pembelajaran utama, seperti Teorema Pythagoras. Pemberian penguatan singkat terhadap pengetahuan prasyarat sebelum memasuki materi inti membantu siswa mengaktifkan kembali skema yang relevan dari memori jangka panjang. Dengan demikian, ketika siswa mengalami kesulitan selama diskusi kelompok, mereka dapat langsung merujuk pada konsep dasar yang baru saja dipelajari, sehingga muatan kognitif dapat diminimalisir.

Prinsip segmentasi menyarankan agar informasi kompleks disajikan dalam bagian-bagian yang lebih kecil dan terkelola, sehingga siswa tidak harus memproses seluruh elemen secara simultan (Koning et al., 2021). Lebih lanjut, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembagian ICL ke dalam bagian-bagian yang lebih kecil menjadi strategi penting dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Intervensi guru yang memecah kompleksitas materi, baik melalui pengurutan langkah penyelesaian, pemisahan fokus materi, maupun penyederhanaan representasi, membantu siswa memproses elemen-elemen penting secara bertahap. Strategi ini memungkinkan siswa membangun pemahaman konseptual secara lebih stabil tanpa harus menghadapi keseluruhan kompleksitas materi secara simultan, sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif dan bermakna.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi guru yang bersifat adaptif, validatif, dan tersegmentasi memainkan peran penting dalam membantu siswa mengolah ICL selama pembelajaran matematika berbasis diskusi kelompok. Penyesuaian intervensi berdasarkan kebutuhan kelompok, pemberian validasi terhadap miskonsepsi, penguatan singkat pengetahuan prasyarat, serta pemecahan kompleksitas materi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil terbukti mendukung siswa dalam memproses elemen-elemen konseptual secara lebih terkontrol. Temuan ini menegaskan bahwa pengolahan ICL tidak terletak pada pengurangan kompleksitas konsep itu sendiri, melainkan pada cara guru memediasi interaksi siswa dengan elemen-elemen yang harus diproses secara simultan. Intervensi guru tidak hanya berfungsi sebagai pendukung proses diskusi, tetapi juga sebagai mekanisme kognitif yang memungkinkan tercapainya pemahaman konseptual yang lebih stabil dan bermakna.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa intervensi guru yang adaptif berdampak positif terhadap pengolahan Intrinsic Cognitive Load (ICL) dalam pembelajaran kelompok pada materi Teorema Pythagoras. Guru memberikan intervensi yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik masing-masing kelompok, bukan secara seragam. Terdapat lima jenis intervensi guru yang mendukung siswa dalam mengolah ICL saat mengonstruksi Teorema Pythagoras, yaitu aktivasi prasyarat, scaffolding, validasi, dan bimbingan abstraksi. Keempat jenis intervensi ini membantu siswa mengoordinasikan elemen-elemen ICL yang harus diproses secara simultan. Pengolahan ICL tidak dilakukan dengan menyederhanakan kompleksitas materi, melainkan melalui pengelolaan yang tepat terhadap interaktivitas elemen konseptual. Guru memecah kompleksitas menjadi langkah-langkah terstruktur, menggunakan representasi ganda (visual, numerik, dan simbolik), serta memberikan bantuan yang tepat waktu. Pembelajaran kelompok memerlukan bimbingan guru yang intensif agar efektif, karena tanpa intervensi yang memadai, diskusi kelompok berpotensi meningkatkan muatan kognitif akibat kompleksitas interaksi sosial dan kognitif yang terjadi bersamaan. Validasi guru berperan penting dalam mencegah miskonsepsi yang dapat meningkatkan ICL, di mana kesalahan yang tidak teridentifikasi dan dibiarkan berlanjut akan memaksa siswa merekonstruksi kembali pemahaman mereka yang pada akhirnya membebani

memori kerja. Proses abstraksi dari representasi konkret ke bentuk simbolik memerlukan bimbingan sistematis agar siswa dapat mengonstruksi Teorema Pythagoras secara bermakna tanpa melebihi kapasitas memori kerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ben, N., Einat, D., & Metzuyanin, H. (2025). Shifts in meta - level learning agreement during mathematics peer learning: integrating positioning theory and commognitive framework. *Educational Studies in Mathematics*, *0123456789*. <https://doi.org/10.1007/s10649-025-10433-w>
- Cahusac, B., Caux, D., & Pretorius, L. (2024). Studies in Educational Evaluation Learning together through collaborative writing: The power of peer feedback and discussion in doctoral writing groups. *Studies in Educational Evaluation*, *83*(June), 101379. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2024.101379>
- Calor, S. M., Dekker, R., Drie, J. P. Van, & Volman, M. L. L. (2024). Learning, Culture and Social Interaction Improving the quality of mathematical discussions: The impact of small-group scaffolding. *Learning, Culture and Social Interaction*, *49*(August), 100858. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2024.100858>
- Chen, X., Zhou, X., & Soon, Y. (2026). Acta Psychologica How Chinese as a foreign language learners use generative AI for oral script-writing: A qualitative perspective on cognitive scaffolding in project-based learning. *Acta Psychologica*, *262*(September 2025), 106071. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.106071>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Endres, T., Lovell, O., Morkunas, D., Rieß, W., & Renkl, A. (2023). Can prior knowledge increase task complexity? – Cases in which higher prior knowledge leads to higher intrinsic cognitive load. *93*(May 2022), 305–317. <https://doi.org/10.1111/bjep.12563>
- Ginns, P., & Leppink, J. (2019). Special issue on cognitive load theory: Editorial. *Educational Psychology Review*, *31*, 255–259. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09474-4>
- Kalyuga, S. (2026). Evolutionary perspective on human cognitive architecture: Implications for adaptive instruction Commentary on the Special Issue on adaptivity. *Learning and Instruction*, *102*(November 2025), 102300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102300>
- Koning, B. B. De, Fiorella, L., & Paas, F. (2021). *Five Strategies for Optimizing Instructional Materials: Instructor- and Learner-Managed Cognitive Load*. 1379–1407.
- Nooijen, C. C. A. Van, Koning, B. B. De, Brammer, W. M., Isahakyan, A., Asoodar,

- M., Kok, E., Merrienboer, J. J. G. Van, & Paas, F. (2024). A Cognitive Load Theory Approach to Understanding Expert *Scaffolding* of Visual Problem - Solving Tasks: In *Educational Psychology Review* (Vol. 36, Issue 1). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09848-3>
- Noroozi, O., Schunn, C., Schneider, B., & Banihashem, S. K. (2025). *Advancing peer learning with learning analytics and artificial intelligence*. 5.
- Pekka, O., Anu, H., Mikko, K., & Marja, T. (2025). *The role of teachers in guiding student peer interactions: conceptions of pre - service teachers*. 1–27.
- Qazi, S., Akhtar, S., Atif, M., Ahmed, A., Atif, E., Odeh, S., Alged, M., Musa, E., Shaibah, H., Ganguly, P., & Yaqinuddin, A. (2026). Annals of Anatomy Peer-assisted uniform learning in musculoskeletal anatomy: Enhancing performance across cognitive domains in objective structured practical examination. *Annals of Anatomy*, 263, 152744. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2025.152744>
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. *Educational Psychology Review*, 34, 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Sol, T., Ledezma, C., Sánchez, A., & Font, V. (2025). Teachers' Practical Argumentation on the Teaching of the Pythagorean Theorem. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(8), 3707–3731. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10591-6>
- Zheng, L., Shi, Z., Gao, L., & Fan, Y. (2025). *A novel group cognitive graph approach for improving collaborative problem solving*. 6.