

Beban Kognitif Mahasiswa dalam Penyelesaian Soal Model Kreatif Pada Materi Teori Graf

Saesar Adhe Prambudi*¹, Barep Yohanes², Nazalia Rahma³, Lailatul Fitria⁴, Husnul Khotima⁵

^{1,2,3,4,5} Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas PGRI Banyuwangi

e-mail: *saesaradhep@unibabwi.ac.id, barepyohanes@unibabwi.ac.id, nazaliarahma66@gmail.com, if784213@gmail.com, khotimachusnul788@gmail.com

Abstract. This study aims to analyze students' cognitive load in solving creative problems of imitation, modification, and creation types on graphs. The study used a qualitative approach with a case study design involving three students in the Mathematics Education Study Program. Data were obtained through creative problem tests and interviews based on cognitive load indicators, then analyzed based on the relationship between thought processes and the types of cognitive load that emerged. This study refers to the latest developments in Cognitive Load Theory, which distinguishes cognitive load into intrinsic and extraneous, and views germane processing as a productive cognitive activity. The results show that each creative stage has distinct cognitive load characteristics. At the imitation stage, students exhibited relatively low cognitive load. The modification stage was the most critical stage due to the increased cognitive load resulting from the complexity of concept integration. Meanwhile, at the creation stage, students who were able to manage cognitive load demonstrated the dominance of germane processing in generating new solutions. These findings emphasize the importance of managing cognitive load in creative learning through gradual support, such as scaffolding. Future research is recommended to examine scaffolding strategies and combine qualitative and quantitative approaches.

Keyword: cognitive load, creative thinking, imitation, modification, creation, graph theory

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beban kognitif mahasiswa dalam menyelesaikan soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi pada materi graf. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus terhadap tiga mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika. Data diperoleh melalui tes soal kreatif dan wawancara berbasis indikator beban kognitif, kemudian dianalisis berdasarkan keterkaitan antara proses berpikir dan jenis beban kognitif yang muncul. Penelitian ini mengacu pada perkembangan terbaru Cognitive Load Theory yang membedakan beban kognitif menjadi intrinsik dan ekstraneous, serta memandang germane processing sebagai aktivitas kognitif produktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tahap kreatif memiliki karakteristik beban kognitif yang berbeda. Pada tahap imitasi, mahasiswa menunjukkan beban kognitif yang relatif rendah. Tahap modifikasi menjadi tahap paling kritis karena meningkatnya beban kognitif akibat kompleksitas integrasi konsep. Sementara itu, pada tahap kreasi, mahasiswa yang mampu mengelola beban kognitif menunjukkan dominasi germane processing dalam menghasilkan solusi baru. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan beban kognitif dalam pembelajaran kreatif melalui dukungan bertahap seperti scaffolding. Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji strategi scaffolding dan mengombinasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif.

Kata Kunci: beban kognitif, berpikir kreatif, imitasi, modifikasi, kreasi, teori graf.

PENDAHULUAN

Kreativitas sebagai proses bertahap dalam pembelajaran adalah model kreatif yang terdiri atas tiga indikator, yaitu imitasi, modifikasi, dan kreasi (Prambudi dkk., 2025; Subanji & Nusantara, 2022). Menurut Subanji dkk., (2021) kreativitas berkembang secara progresif melalui tahapan berpikir yang dimulai dari kemampuan meniru, kemudian memodifikasi, hingga menghasilkan ide atau solusi yang bersifat orisinal. Pada tahap pertama atau imitasi merupakan tahapan mengamati dan menggunakan contoh, prosedur, atau strategi penyelesaian yang telah diberikan tanpa melakukan perubahan (Subanji dkk., 2023). Tahap berikutnya modifikasi yakni tahapan yang menunjukkan fleksibilitas berpikir dengan mengubah sebagian unsur dari contoh yang ada dengan mengganti, menambahkan langkah tertentu, atau memodifikasi bentuk permasalahan yang tetap mempertahankan kerangka dasar penyelesaian (Subanji & Nusantara, 2022). Pada tahapan kreasi mampu merumuskan permasalahan secara mandiri dan menyelesaikannya dengan strategi yang dikembangkan sendiri, sehingga mencerminkan orisinalitas, kemandirian, serta kemampuan berpikir divergen (Ates & Aktamis, 2024).

Berdasarkan penjelasan diatas bahwa model kreatif imitasi, modifikasi, dan kreasi menegaskan bahwa kreativitas dalam pembelajaran tidak bersifat instan, melainkan merupakan hasil dari proses perkembangan kognitif yang dapat difasilitasi melalui desain pembelajaran dan assesmen yang terstruktur berkelanjutan (Atmaja dkk., 2023). Pada fakta

di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar masih cenderung bertahan pada tahapan terendah dan perlu perbaikan, karena belum munculnya keseluruhan indikator tersebut (Kholid dkk., 2024). Temuan tersebut tidak hanya menggambarkan keterbatasan capaian kreativitas mahasiswa, tetapi juga mengisyaratkan adanya faktor-faktor kognitif yang memengaruhi proses berpikir kreatif (Budi & Izzati, 2021; Wulandari & Soemantri, 2025).

Fenomena beban mental yang muncul dalam aktivitas kreatif tersebut dapat dijelaskan secara lebih sistematis melalui teori beban kognitif (*Cognitive Load Theory*) yang menekankan keterbatasan sistem kognitif manusia dalam memproses informasi selama pembelajaran dan pemecahan masalah (Sweller dkk., 2011). Teori beban kognitif menjelaskan bahwa kapasitas memori kerja manusia bersifat terbatas, sehingga peningkatan kompleksitas tugas dapat meningkatkan beban kognitif yang harus ditanggung individu (Sweller, 1988). Teori beban kognitif menurut Yohanes dkk., (2023:6) terdapat tiga kategori yakni *intrinsic*, *extraneous*, dan *Germane*. Namun, dalam perkembangan selanjutnya, Sweller dkk., (2019) merevisi konsep tersebut dengan menyatakan bahwa *Germane Processing* tidak lagi diposisikan sebagai jenis beban kognitif yang terpisah, melainkan sebagai pemrosesan kognitif (*Germane Processing*) yang berkontribusi pada konstruksi skema. Pada penelitian ini beban kognitif dipahami sebagai kombinasi antara beban intrinsik dan ekstraneous, sedangkan pemrosesan *Germane Processing* digunakan untuk menjelaskan

aktivitas kognitif produktif yang mendukung terbentuknya solusi kreatif. Pada penelitian Redifer dkk., (2021) & Rodet, (2022) menunjukkan bahwa beban kognitif yang terlalu tinggi dapat menghambat proses berpikir kreatif. Sejalan dengan temuan tersebut, memperlihatkan bahwa mahasiswa sering mengalami kebingungan dalam melakukan langkah-langkah yang berulang atau menggunakan strategi yang kurang efisien ketika mengerjakan soal-soal kreatif, sehingga hal tersebut mengindikasikan bahwa beban kognitif yang mereka alami belum terkelola secara optimal (Atmaja dkk., 2023; Kholid dkk., 2024).

Berdasarkan berbagai kajian sebelumnya, penelitian tentang berpikir kreatif dalam pembelajaran matematika telah banyak dilakukan, terutama yang menekankan pada identifikasi tingkat kreativitas dan tahapan berpikir siswa (Ates & Aktamis, 2024; Kholid dkk., 2024). Di sisi lain, penelitian mengenai Cognitive Load Theory juga berkembang pesat dalam menjelaskan bagaimana keterbatasan memori kerja memengaruhi proses belajar dan pemecahan masalah (Sweller dkk., 2011, 2019). Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengaitkan tahapan penyelesaian soal kreatif dengan beban kognitif mahasiswa masih relatif terbatas, terutama yang menggunakan pendekatan kualitatif berbasis analisis jawaban otentik dan proses berpikir mahasiswa (Redifer dkk., 2021; Rodet, 2022; Subanji & Nusantara, 2022).

Berdasarkan hal tersebut maka, kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada

analisis integrasi antara model kreatif (imitasi, modifikasi, dan kreasi) dengan Cognitive Load Theory untuk mengungkap beban kognitif dan pemrosesan *Germane Processing* dalam proses berpikir mahasiswa dalam berpindah antar tahapan kreatif. Penelitian ini secara khusus memberikan kontribusi dalam mengidentifikasi karakteristik beban kognitif pada setiap tahap kreatif serta menjelaskan bagaimana pengelolaan beban kognitif memengaruhi keberhasilan mahasiswa dalam menghasilkan solusi matematis yang lebih kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beban kognitif mahasiswa pada setiap tahapan penyelesaian soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi dalam materi teori graf, serta mengungkap peran pengelolaan beban kognitif dalam mendukung perkembangan berpikir kreatif mahasiswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai beban kognitif mahasiswa dalam menyelesaikan soal kreatif pada materi teori graf. Penelitian ini memandang fenomena beban kognitif sebagai sesuatu yang dapat diinterpretasikan melalui karakteristik proses dan hasil pengerjaan mahasiswa pada soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi. Penelitian dilakukan di Prodi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas PGRI Banyuwangi. Subjek

penelitian ini berjumlah 3 calon guru matematika pada angkatan 2023 pada semester ganjil tahun akademik 2024/2025. Pemilihan subjek dilakukan secara purposive sampling dengan mempertimbangkan variasi kemampuan akademik berdasarkan nilai UAS, yaitu mahasiswa dengan kategori kemampuan tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan ini bertujuan untuk merepresentasikan variasi karakteristik beban kognitif dalam menyelesaikan soal kreatif.

Jenis data dalam penelitian ini berupa data kualitatif yang meliputi hasil pengerjaan soal kreatif dan transkrip wawancara. Sumber data berasal dari mahasiswa sebagai subjek penelitian. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pemberian tes tertulis berupa soal kreatif yang disusun berdasarkan tiga tahapan model kreatif, yaitu imitasi, modifikasi, dan kreasi. Soal yang digunakan telah disusun berdasarkan kerangka model kreatif (Prambudi dkk., 2025; Subanji & Nusantara, 2022) dan divalidasi oleh dua ahli pendidikan matematika untuk memastikan kesesuaian dengan indikator kreativitas dan tingkat kesulitan soal.

Teknik analisis data dilakukan secara kualitatif menurut Miles & Huberman, (1994) yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi data, jawaban mahasiswa diklasifikasikan berdasarkan tahapan kreatif, yaitu imitasi, modifikasi, dan kreasi. Selanjutnya, identifikasi beban kognitif dilakukan dengan menggunakan rubrik pada Gambar 1 yang mencakup indikator beban kognitif intrinsik, ekstraneous, dan pemrosesan *Germane Processing*. Penentuan tingkat beban kognitif didasarkan pada

kesesuaian karakteristik jawaban tertulis dan hasil wawancara dengan deskripsi pada rubrik. Instrumen yang digunakan mencakup soal tipe imitasi, modifikasi dan kreasi berdasarkan kerangka teori Prambudi dkk., (2025) & Subanji & Nusantara, (2022) dan menggunakan kerangka teori Beban Kognitif (Cognitive Load Theory) Sweller, (1988); Sweller dkk., (2011); & Yohanes, (2025) sebagai acuan utama dalam modifikasi instrumen bertujuan untuk analisis data yang di uraikan pada Gambar 1 berikut.

Indikator Beban Kognitif	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Intrinsik	Mahasiswa langsung mengenali struktur masalah dan menyelesaikan secara otomatis karena skema telah terbentuk kuat di memori jangka panjang	Mahasiswa mampu memahami dan mengolah elemen konsep dengan relatif lancar karena telah memiliki pengalaman atau skema sebelumnya.	Mahasiswa memahami konsep utama, tetapi harus mengerahkan usaha kognitif cukup besar untuk menghubungkan beberapa elemen secara bersamaan.	Mahasiswa harus mengintegrasikan banyak konsep sekaligus dan menunjukkan kesulitan signifikan dalam memahami hubungan antar elemen informasi.
Ekstraneous	Instruksi dan representasi soal dipahami sepenuhnya; tidak ditemukan kebingungan atau beban tambahan akibat cara penyajian.	Mahasiswa mampu mengorganisasi langkah penyelesaian dengan cukup baik meskipun masih terdapat sedikit ketidakefisienan.	Mahasiswa memahami maksud soal, tetapi penjelasan masih kurang runtut atau representasi penalaran belum sistematis.	Mahasiswa menunjukkan kebingungan yang jelas, langkah penyelesaian tidak runtut, dan kesulitan mengorganisasi penjelasan matematis.
Germane Processing	Tidak terlihat usaha pembentukan skema baru; mahasiswa hanya meniru prosedur yang sudah dikenal tanpa refleksi.	Upaya pembentukan skema baru masih terbatas dan mahasiswa lebih banyak mengandalkan contoh atau pola yang ada.	Mahasiswa mulai membangun skema baru dan menunjukkan strategi kognitif, tetapi belum sepenuhnya efisien atau konsisten.	Mahasiswa secara sadar menerapkan strategi kognitif (misalnya pemfokusan atau penyederhanaan) untuk membangun solusi baru dan penalaran yang bermakna.

Gambar 1. Rubrik Beban Kognitif

Proses analisis dilakukan oleh peneliti dengan mengacu pada rubrik Gambar 1. Teknik keabsahan data dilakukan triangulasi teknik, yaitu dengan membandingkan hasil dari pengerjaan soal kreatif, dan wawancara dengan indikator beban kognitif. Berdasarkan triangulasi tersebut juga validasi temuan juga dilakukan dengan cara member check atau mengonfirmasi kembali hasil interpretasi data kepada subjek penelitian untuk memastikan bahwa makna adanya kesesuaian pengalaman dan pemikiran subjek.

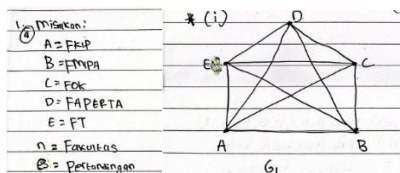
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan memberikan soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi kepada mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika. Subjek penelitian ini berjumlah 3 calon guru matematika pada angkatan 2023 yang dianalisis berdasarkan indikator beban kognitif Gambar 1 dan hasil pengerjaan soal kreatif.

Hasil

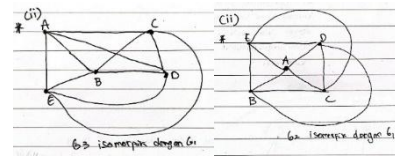
Subjek 1

Hasil pengerjaan soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi menunjukkan capaian yang berbeda pada setiap tahap. Pada tahap imitasi, subjek mampu merepresentasikan sistem pertandingan *round-robin* ke dalam bentuk graf lengkap dengan tepat, namun kurang dalam menjelaskan makna simpul dan sisi dengan rinci. Cuplikan hasil jawaban subjek 1 untuk aspek Imitasi disajikan pada Gambar 2 berikut.



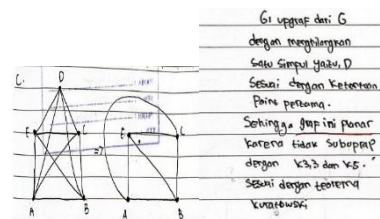
Gambar 2 Hasil Soal Tipe Imitasi

Pada tahap modifikasi jumlah graf isomorfik yang digambarkan masih terbatas yakni hanya 2 graph saja yang pengembangannya perubahan penamaan simpul dan pengembangan pada sisinya, sehingga belum memaksimalkan dalam modifikasi beberapa graph yang isomorfik dengan soal tipe imitasi. Cuplikan hasil jawaban subjek 1 untuk aspek modifikasi disajikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Hasil Soal Tipe Modifikasi

Pada tahap kreasi, subjek mampu mengonstruksi graf baru yang bersifat planar dengan menghapus satu simpul tertentu dari graf awal yang tidak planar serta memberikan alasan matematis yang jelas mengenai perubahan tersebut. Cuplikan hasil jawaban subjek 1 untuk aspek Kreasi disajikan pada Gambar 4 berikut.

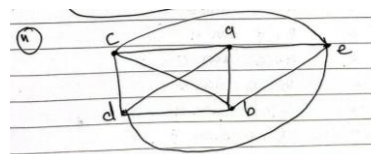


Gambar 4 Hasil Soal Tipe Kreasi

Validasi hasil pengerjaan tertulis, dilakukan wawancara antara dosen dan mahasiswa dengan pedoman pertanyaan berbasis beban kognitif. Berikut cuplikan wawancara yang menunjukkan proses berpikir subjek.

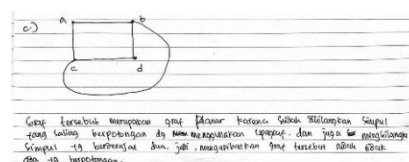
- P : Apakah soal ini menurut Anda sulit?
- SI : aaa.. Tidak Pak, karena saya sudah pernah mengerjakan soal yang hampir sama dengan ini.
- P : Pada bagian awal, bagaimana Anda menentukan graf yang akan digambar?
- SI : Saya sih langsung terpikir graf lengkap Pak, karena setiap tim bertanding dengan semua tim lainnya.
- P : Bagaimana cara Anda menentukan bahwa graf yang Anda buat masih isomorfik dengan graf awal?
- SI : aa... awalnya saya mengecek jumlah simpul dan sisinya dulu, lalu mencocokkan hubungan antar simpulnya. Tapi itu juga belum terlalu detail sih pak"
- P : Pada tahap mengubah graf menjadi planar, bagaimana Anda menemukan idenya?

- SI : Saya melihat dulu simpul mana yang paling menyebabkan garis saling berpotongan. Setelah itu saya coba hilangkan satu simpul, dan ternyata grafnya bisa digambar tanpa ada sisi yang berpotongan.
- P : Apakah tahap terakhir ini terasa lebih mudah atau lebih sulit dibandingkan tahap sebelumnya?
- SI : Justru lebih mudah, Pak, karena sudah jelas langkahnya mau diapakan grafnya.



Gambar 6 Hasil Soal Tipe Modifikasi

Pada tahap kreasi, subjek mampu mengonstruksi graf baru yang bersifat planar, tetapi belum dijelaskan secara rinci dalam penggambaran atau penjelasan secara tertulis meskipun masih dapat menyampaikan penjelasan secara lisan mengenai alasan suatu graf tidak planar. Cuplikan hasil jawaban subjek 1 untuk aspek Kreasi disajikan pada Gambar 7 berikut.



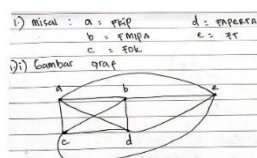
Gambar 7 Hasil Soal Tipe Kreasi

Validasi hasil pengerjaan tertulis, dilakukan wawancara antara dosen dan mahasiswa dengan pedoman pertanyaan berbasis beban kognitif. Berikut cuplikan wawancara yang menunjukkan proses berpikir subjek.

- P : Apakah soal ini menurut Anda sulit?
- S2 : Iya, Pak, menurut saya cukup sulit karena banyak yang harus dipikirkan.
- P : Pada bagian awal, apakah Anda langsung tahu graf apa yang harus digambar?
- S2 : Tidak langsung, Pak. Saya bingung mulai dari mana dulu.
- P : Apa yang Anda rasakan ketika mulai mengerjakan soal ini?
- S2 : aa... saya langsung bingung pak, karena aaa... harus mengingat lagi konsep isomorfik dan cara menggambarinya. Rasanya banyak yang harus dipikirkan sekaligus.
- P : Pada bagian membuat graf menjadi planar, apakah Anda menemukan ide tertentu?
- S2 : Tidak, Pak. Saya tidak yakin harus menghapus bagian yang mana atau mengubahnya bagaimana.

Subjek 2

Berdasarkan hasil analisis jawaban tertulis terhadap soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi, subjek 2 menunjukkan capaian pengerjaannya yang relatif minim sekali dalam jawabannya di keseluruhan tahap. Pada tahap imitasi, subjek mampu merepresentasikan sistem pertandingan *round-robin* ke dalam bentuk graf lengkap dengan tepat, tetapi mengalami kesalahan dalam menjelaskan makna simpul dan sisi. Cuplikan hasil jawaban subjek 2 untuk aspek Imitasi disajikan pada Gambar 5 berikut.



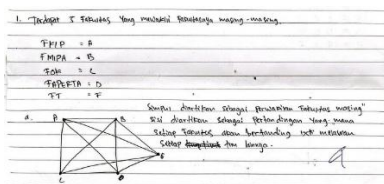
Gambar 5 Hasil Soal Tipe Imitasi

Pada tahap modifikasi jumlah graf isomorfik yang digambarkan masih sangat terbatas yakni hanya 1 graph saja yang pengembangannya hanya di ubah penamaan simpulnya saja dan untuk bentuk graph masih sama masih mengimitasi dari soal poin a, sehingga belum terlihat modifikasi graph yang isomorfik dengan soal tipe imitasi. Cuplikan hasil jawaban subjek 1 untuk aspek modifikasi disajikan pada Gambar 6 berikut.

- P* : Apa yang paling membuat Anda kesulitan saat mengerjakan soal ini?
S2 : Bingung langkah-langkahnya, Pak. Rasanya semuanya harus dipikirkan bersamaan.

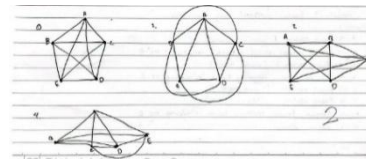
Subjek 3

Berdasarkan hasil analisis jawaban tertulis terhadap soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi, subjek 3 menunjukkan capaian hasil jawaban yang jelas penjabarannya pada tahap awal dan menengah, namun menurun pada tahap akhir. Pada tahap imitasi, subjek mampu merepresentasikan sistem pertandingan *round-robin* ke dalam bentuk graf lengkap dengan tepat, namun kurang dalam menjelaskan makna simpul dan sisi dengan jelas. Cuplikan hasil jawaban subjek 3 untuk aspek Imitasi disajikan pada Gambar 8 berikut.



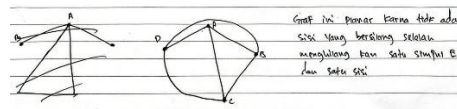
Gambar 8 Hasil Soal Tipe Imitasi

Pada tahap modifikasi jumlah graf isomorfik yang dapat digambarkan seharusnya mencapai maksimal empat graf, tetapi pada tahap ini hanya dua graf yang tampak berbeda. Hal tersebut disebabkan karena tiga graf lainnya memiliki bentuk yang sama dengan graf pada tahap imitasi, hanya mengalami perubahan pada penamaan simpul dan cara penggambaran. Dengan demikian, tahap modifikasi belum sepenuhnya memaksimalkan pengembangan variasi graf isomorfik dari soal tipe imitasi. Cuplikan hasil jawaban subjek 3 untuk aspek modifikasi disajikan pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9 Hasil Soal Tipe Modifikasi

Pada tahap kreasi subjek mampu menggambarkan graf baru yang bersifat planar dan menjelaskan alasan matematisnya, namun penjelasan tahapan perubahan belum disusun secara rinci dan sistematis. Cuplikan hasil jawaban subjek 3 untuk aspek Kreasi disajikan pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10 Hasil Soal Tipe Kreasi

Validasi hasil pengerjaan tertulis, dilakukan wawancara antara dosen dan mahasiswa dengan pedoman pertanyaan berbasis beban kognitif. Berikut cuplikan wawancara yang menunjukkan proses berpikir subjek.

- P* : Apakah soal ini menurut Anda sulit?
S3 : Tidak terlalu sulit, Pak, tapi perlu waktu untuk memikirkannya satu-satu.
P : Pada bagian awal, bagaimana Anda menentukan graf yang digambar?
S3 : Saya mengikuti pola yang pernah dipelajari di kelas, Pak, jadi dari contoh yang ada dulu.
P : Pada penggambaran graah yang isomorfik, bagaimana cara anda mendapatkan beberapa graf yang isomorfik ini ?
S3 : Saya pakai graf yang sama, lalu saya ubah letak dan susunan sisinya supaya tetap sesuai tapi bentuknya beda.
P : Apakah graph ini.. ini.. dan ini adalah graph yang isomorfik dengan graph poin a tadi ? (sambil menunjuk ketiga graph yang sama secara gambar hanya di rubah penamaan simpulnya saja)
S3 : heheh.. iya pak sama sih gambarnya, hanya saya bedakan nama simpul dan 1 graph ini (menunjuk graph poin 2) ini saya bedakan penggambaran simpulnya aja pak..

- P* : Bagaimana dengan bagian terakhir saat membuat graf menjadi planar?
- S3* : Bisa, Pak, tapi saya agak lama menyusunnya supaya langkah-langkahnya tidak salah.
- P* : Apa yang paling Anda rasakan pada tahap terakhir?
- S3* : Lebih ke mikir urutannya, Pak, supaya penjelasannya bisa nyambung.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan soal kreatif tipe imitasi, modifikasi, dan kreasi sangat dipengaruhi oleh jenis dan tingkat beban kognitif yang dialami pada setiap tahap pengerjaan. Temuan pada ketiga subjek memperlihatkan bahwa beban kognitif berubah sesuai dengan tuntutan kognitif pada masing-masing tahap kreatif. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Chen dkk., 2023; Paas & Merrienboer, (2020) yang memiliki pandangan bahwa keterbatasan memori kerja berperan penting dalam menentukan keberhasilan pemecahan masalah kompleks.

Pada tahap imitasi seluruh subjek mampu merepresentasikan sistem pertandingan ke dalam bentuk graf lengkap, meskipun dengan Sebagian tepat dan penjelasan yang berbeda. Subjek 1 dan subjek 3 menunjukkan pemahaman yang relatif baik karena telah memiliki pengalaman sebelumnya. Pada subjek 1 dan 3 beban kognitif intrinsiknya sangat rendah, dikarenakan dalam pengerjaannya tidak mengalami kesulitan dan langsung mengenali struktur masalahnya. Pada subjek 1 dan 3 ini juga hampir sama untuk beban kognitif extraneousnya sangat rendah, dikarenakan tidak ada kebingungan dalam struktur penyelesaiannya. Bertolak belakang dengan

subjek 2 masih mengalami kebingungan dalam menentukan langkah awal dalam menyelesaikan soal kreatif. Kebingungan tersebut memperlihatkan beban kognitif instinsik dan extraneousnya yang sangat tinggi, dikarenakan kesulitan mahasiswa dalam meniru penyelesaiannya dengan yang di contohkan dalam pembelajaran di kelas. Kesulitan penyelesaian tersebut berkaitan dengan teori skema atau cara pemrosesan informasi didapatkan pada saat pembelajaran di kelas untuk jangka Panjang (Yohanes, 2021). Temuan ini menunjukkan bahwa langkah awal atau pemrosesan informasi dalam pengerjaan merupakan awalan kuat yang dapat menurunkan beban kognitif intrinsik, karena berpengaruh kepada efisiensi dalam menyelesaikan soal kreatif. Hal tersebut sejalan dengan Sweller dkk., (2011) yang menyatakan bahwa pengolahan informasi awal yang terstruktur membantu mengurangi *intrinsic cognitive load* dan meningkatkan efisiensi pemecahan masalah. Berdasarkan hal tersebut jika pada beban kognitif instinsik dan extraneousnya yang sangat tinggi maka akan berpengaruh kepada hasil pengerjaan yang kurang maksimal.

Pada tahap modifikasi ketiga subjek menunjukkan keterbatasan yang lebih menonjol dibandingkan tahap sebelumnya. Keterbatasan ini terutama disebabkan oleh kesulitan dalam menghasilkan variasi graf isomorfik secara maksimal serta menjelaskan perubahan yang tetap mempertahankan sifat keisomorfikan pada setiap graf yang dihasilkan. Subjek 1 dan Subjek 3 masih mampu melakukan modifikasi meskipun dengan hasil

yang terbatas, sedangkan Subjek 2 hampir sepenuhnya mengalami kesulitan pada tahap ini. Hasil wawancara menunjukkan bahwa pada tahap modifikasi mahasiswa dituntut untuk mengingat kembali beberapa konsep sekaligus dan mengaitkannya dengan konteks permasalahan yang diberikan. Kondisi ini mencerminkan beban kognitif intrinsik yang tinggi akibat kesulitan dalam membuat graf isomorfik.

Pada tahap modifikasi ini juga muncul beban kognitif ekstraneous yang tinggi. Ekstraneous tersebut sangat tinggi dikarenakan ketidakmampuan mahasiswa dalam mengorganisasi informasi secara sistematis. Pada tahapan ini muncul juga beban kognitif *Germane Processing* sangat rendah, karena kebanyakan hanya mencontoh saja tanpa membuat skema baru atau graf bentuk baru yang isomorfik dengan soal tahap imitasi. Hal ini terlihat secara jelas pada hasil pengerjaan dan wawancara Subjek 2, yang menunjukkan kebingungan dalam menjelaskan perubahan graf meskipun secara visual tampak berbeda, serta kesulitan dalam mengorganisasi langkah-langkah penyelesaian secara sistematis. Kondisi ini menunjukkan bahwa integrasi beberapa elemen informasi secara simultan dalam memori kerja berpotensi menimbulkan *cognitive overload*, terutama ketika kompleksitas tugas melebihi kapasitas pemrosesan kognitif individu ((Chen dkk., 2023; Paas & Merrienboer, 2020; Sweller dkk., 2019).

Pada tahap kreasi, perbedaan antar subjek semakin terlihat jelas. Subjek 1 mampu

menghasilkan graf planar baru secara sistematis, subjek 3 mampu menghasilkan solusi namun belum terstruktur dengan baik, sedangkan subjek 2 belum mampu mencapai tahap ini secara optimal. Hasil wawancara menunjukkan bahwa hanya subjek 1 menggunakan strategi pemfokusan pada elemen penting, seperti simpul penyebab ketidakplanaran, untuk menyederhanakan permasalahan. Strategi ini menunjukkan munculnya beban kognitif *Germane Processing* yang tinggi, yaitu beban kognitif yang dimanfaatkan secara produktif untuk membangun skema baru. Temuan ini sejalan dengan Rodet, (2022) & (Redifer dkk., 2021) yang menyatakan bahwa kreativitas dapat berkembang ketika individu mampu mengarahkan sumber daya kognitifnya secara efektif. Sebaliknya, subjek 2 dan 3 yang masih terbebani oleh beban intrinsik dan ekstraneous tidak memiliki ruang kognitif yang cukup untuk mengembangkan solusi kreatif.

Perbandingan ketiga subjek menunjukkan bahwa nilai akademik tidak selalu mencerminkan kesiapan kognitif dalam menghadapi tugas kreatif. Subjek 1 dengan nilai tinggi memang menunjukkan dominasi beban *Germane Processing* pada tahap kreasi, namun tetap mengalami kesulitan pada tahap modifikasi. Subjek 3 berada pada posisi transisi dengan kemampuan pengelolaan kognitif yang cukup baik pada tahap awal dan menengah, tetapi belum optimal pada tahap akhir atau kreasi. Subjek 2 menunjukkan dominasi beban intrinsik dan ekstraneous sejak tahap awal, sehingga perkembangan kreativitasnya

terhambat. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kesulitan dalam berpikir kreatif lebih sering disebabkan oleh pengelolaan beban kognitif yang tidak optimal daripada rendahnya potensi intelektual (Sweller dkk., 2011). Temuan ini sejalan dengan kajian pembelajaran yang menekankan pentingnya dukungan kognitif bertahap melalui scaffolding untuk membantu siswa berpindah dari reproduksi pengetahuan menuju konstruksi pengetahuan baru (Arifin dkk., 2020; Hofer & Reinhold, 2025).

Berdasarkan hasil dan pembahasan pengerjaan 3 subjek tersebut dapat diringkas yang memuat tingkat beban kognitif intrinsik, ekstraneous, dan *Germane Processing* pada masing-masing subjek dan tahapan kreatif pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Hasil

Subjek	Tahap Kreatif	Intrinsik	Ekstraneous	<i>Germane Processing</i>
S1	Imitasi	Rendah	Rendah	Rendah
S1	Modifikasi	Sedang	Sedang	Rendah
S1	Kreasi	Rendah	Rendah	Tinggi
S2	Imitasi	Tinggi	Tinggi	Rendah
S2	Modifikasi	Tinggi	Tinggi	Sangat Rendah
S2	Kreasi	Tinggi	Tinggi	Rendah
S3	Imitasi	Rendah	Rendah	Rendah
S3	Modifikasi	Rendah	Sedang	Sedang
S3	Kreasi	Sedang	Sedang	Sedang

SIMPULAN (PENUTUP)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa setiap tahapan dalam soal kreatif, yaitu imitasi, modifikasi, dan kreasi, menunjukkan karakteristik beban kognitif yang berbeda pada mahasiswa. Pada tahap imitasi mahasiswa cenderung mengalami beban kognitif yang relatif rendah karena proses penyelesaian masih mengandalkan skema pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya. Tahap ini berfungsi

sebagai tahap penyesuaian awal yang membantu mahasiswa memahami struktur permasalahan dan mempersiapkan diri untuk menghadapi tugas yang lebih kompleks. Pada tahap modifikasi mahasiswa menghadapi tuntutan kognitif yang lebih tinggi karena harus mengintegrasikan berbagai konsep secara simultan serta mengorganisasi informasi secara sistematis. Oleh karena itu, tahap modifikasi dapat dipandang sebagai tahap paling kritis dalam proses penyelesaian soal kreatif, karena tingginya beban kognitif intrinsik dan munculnya beban kognitif ekstraneous dapat mempengaruhi kualitas penyelesaian mahasiswa. Selanjutnya, pada tahap kreasi, mahasiswa dapat menghasilkan solusi baru secara lebih optimal ketika mampu mengelola beban kognitifnya secara efektif dan mengalihkannya menjadi beban kognitif *Germane Processing* yang mendukung pembentukan skema pengetahuan baru. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan dalam tahap kreasi tidak hanya ditentukan oleh kemampuan akademik, tetapi juga oleh kemampuan mahasiswa dalam mengelola sumber daya kognitif selama proses pemecahan masalah.

Temuan penelitian ini menegaskan bahwa pembelajaran kreatif dalam materi teori graf perlu dirancang dengan memperhatikan pengelolaan beban kognitif mahasiswa melalui pemberian dukungan kognitif secara bertahap, seperti scaffolding, agar mahasiswa dapat berpindah secara optimal dari tahap imitasi menuju modifikasi dan kreasi. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan yakni jumlah subjek yang terbatas hanya pada tiga mahasiswa dalam satu program studi,

sehingga temuan penelitian ini belum dapat digeneralisasikan secara luas. Selain itu, analisis beban kognitif masih bersifat kualitatif berdasarkan interpretasi terhadap jawaban dan wawancara. Berdasarkan hal tersebut maka Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji efektivitas strategi scaffolding yang dirancang secara spesifik untuk menurunkan beban kognitif pada model kreativitas serta menggabungkan pendekatan kualitatif dengan pengukuran kuantitatif beban kognitif untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S., Zulkaradi, Putri, R. I. I., Hartono, Y., & Susanti, E. (2020). Scaffolding in mathematical problem-solving. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1480/1/012054>
- Ates, C. B., & Aktamis, H. (2024). Investigating the effects of creative educational modules blended with Cognitive Research Trust (CoRT) techniques and Problem Based Learning (PBL) on students' scientific creativity skills and perceptions in science education. *Thinking Skills and Creativity*, 51(February), 101471. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101471>
- Atmaja, S. A. A., Nusantara, T., & Subanji, S. (2023). Berpikir Kreatif Siswa Dalam Menyelesaikan Permasalahan Kontroversial Matematis. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 1240–1254. <https://doi.org/https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i1.6764>
- Budi, T., & Izzati, N. (2021). Analisis Keaktifan dan Tingkat Berpikir Kreatif Mahasiswa dalam Memecahkan Soal Matematika pada Pembelajaran Daring. *Jurnal Eksakta Pendidikan*, 5(November), 149–155.
- Chen, O., Paas, F., & Sweller, J. (2023). A Cognitive Load Theory Approach to Defining and Measuring Task Complexity Through Element Interactivity. *Educational Psychology Review*, 35(2), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09782-w>
- Hofer, S. I., & Reinhold, F. (2025). Scaffolding of learning activities: Aptitude-treatment-interaction effects in math? *Learning and Instruction*, 99(July), 102177. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102177>
- Kholid, M. N., Mahmudah, M. H., Ishartono, N., Putra, G., & Forthmann, B. (2024). Classification of students' creative thinking for non-routine mathematical problems. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2394738>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). Qualitative Data Analysis. In R. Holland (Ed.), *Sage Publication* (Second Edi). SAGE Publications.
- Paas, F., & Merrienboer, J. J. G. V. (2020). *Cognitive-Load Theory: Methods to Manage Working Memory Load in the Learning of Complex Tasks*. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
- Prambudi, S. A., Susanto, H., & Purwanto. (2025). Creative Models of Junior High School Students in Solving Open Ended Mathematical Problems on Keirsey Personality Types. *PRISMA*, 14(1), 34–44. <https://doi.org/10.21474/ijar01/6741>
- Redifer, J. L., Bae, C. L., & Zhao, Q. (2021). Self-efficacy and performance feedback: Impacts on cognitive load during creative thinking. *Learning and Instruction*, 71(March 2020), 101395. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101395>

- Rodet, C. S. (2022). Does cognitive load affect creativity? An experiment using a divergent thinking task ☆. *Economics Letters*, 220, 110849. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2022.110849>
- Subanji, Nusantara, T., Sukoriyanto, & Atmaja, S. A. A. (2023). Cakrawala Pendidikan Student ' s creative model in solving mathematics controversial problems. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 42(2), 310–326.
- Subanji, S., & Nusantara, T. (2022). Mathematical Creative Model: Theory Framework and Application in Mathematics Learning Activities. In *IntechOpen*.IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/i>
- Subanji, S., Nusantara, T., Rahatina, D., & Purnomo, H. (2021). The Statistical Creative Framework in Descriptive Statistics Activities. *International Journal of Instruction*, 14(2), 591–608. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/iji.2021.14233a>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving : Effects on Learning. In *Cognitive Science* (Vol. 285, hal. 257–285).<https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer Science.
- Sweller, J., Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Wulandari, T. C., & Soemantri, S. (2025). Creative Problem-Solving Tasks and Mathematical Creativity: A Second-Order Construct Approach. *Journal Of Honai Math*, 8(August), 197–210.
- Yohanes, B. (2021). Beban Kognitif dalam Pembelajaran Matematika. In B. Yohanes (Ed.), *Beban Kognitif dan Kemampuan dalam Pembelajaran Matematika Sekolah* (hal. 7–48). Elmatara.
- Yohanes, B. (2025). Cognitive Load Factor in Failure to Solve the Simple Problem of Prospective Mathematics Teachers. *J-Pimat*, 7(1), 1673–1684.
- Yohanes, B., Mutimmah, D., Evi, R. E., & Banarsyah, Dimas, P. (2023). *Teori Beban Kognitif dalam Pembelajaran* (B. Yohanes (ed.)). Deepublish.