

THE INTERACTION BETWEEN CRITICAL THINKING SKILLS AND MATHEMATICAL COMMUNICATION SKILLS OF PRE-SERVICE TEACHER IN SOLVING HOTS PROBLEMS FOR DISCRETE MATHEMATICS COURSES

INTERAKSI KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN KOMUNIKASI MATEMATIS MAHASISWA MENYELESAIKAN SOAL HOTS PADA MATA KULIAH MATEMATIKA DISKRIT

¹Selvia Erita*, ²Eline Yanty Putri Nasution, ³Rilla Gina Gunawan

^{1,2,3}Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, IAIN Kerinci, Indonesia
E-mail: eritaselvia71@gmail.com*, elineyantyputrinasution@iainkerinci.ac.id, rilla_rozika@yahoo.com

Received: February 2026; Accepted: March 2026; Published: April 2026

Abstract

This study aims to analyse the interaction between student critical thinking skills and mathematical communication skills in solving higher order thinking skills (HOTS) problem for discrete mathematic course. This research emphasizes the interaction effect between the two skills. This study employed a sequential explanatory mixed-method design involving 42 undergraduate students. Data were collected through HOTS based essay test, interviews and observations. Quantitative data were analysed using two ways ANOVA, followed by qualitative analysis to explore student thinking process. The results show that there is statically significant interaction effect between critical thinking skills and mathematics communication ($p < 0,05$). Students with high critical thinking and high mathematical communication skills obtained the highest HOTS score of 73.21, compared to students with high critical thinking but low communication (67.57) and students with low critical thinking and communication (61.76). This is strengthened descriptively, pre service with high level of both skills achieved the best HOTS performance. Qualitative finding indicate that pre-service are strong in interpretation and analysis but weak in evaluation and self-regulation. This study highlights that mathematical communication support and clarifies thinking process in solving HOTS Problems. Researchers recommend utilizing the results of this study in designing learning environments so that prospective mathematics teachers are able to solve HOTS problems.

Keywords: Critical Thinking, Mathematical Communication, Higher Order Thinking Skills.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interaksi antara keterampilan berpikir kritis mahasiswa dan keterampilan komunikasi matematis dalam menyelesaikan soal keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) dalam mata kuliah matematika diskrit. Penelitian ini menekankan efek interaksi antara kedua keterampilan tersebut. Penelitian ini menggunakan metode mixed method dengan design sequential explanatory yang melibatkan 42 mahasiswa S1. Data dikumpulkan melalui tes esai berbasis HOTS, wawancara, dan observasi. Data kuantitatif dianalisis menggunakan ANOVA dua arah, diikuti oleh analisis kualitatif untuk mengeksplorasi proses berpikir

*Corresponding author.

© 2026. Author.

p-ISSN: 2580-6726

e-ISSN: 2598-2133

mahasiswa. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat efek interaksi yang signifikan secara statistik antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis ($p < 0.05$). Mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis tinggi dan komunikasi matematis tinggi memperoleh skor HOTS tertinggi 73,21. Mahasiswa dengan berpikir kritis tinggi tetapi komunikasi rendah memperoleh skor HOTS 67,57 serta mahasiswa dengan berpikir kritis dan komunikasi rendah memperoleh skor HOTS 61,76. Hal ini diperkuat secara deskriptif, calon guru dengan tingkat keterampilan yang tinggi pada kedua bidang tersebut mencapai kinerja HOTS terbaik. Temuan kualitatif menunjukkan bahwa calon guru kuat dalam interpretasi dan analisis tetapi lemah dalam evaluasi dan pengaturan diri. Studi ini menyoroti bahwa komunikasi matematis mendukung dan memperjelas proses berpikir dalam memecahkan masalah HOTS. Peneliti merekomendasikan untuk memanfaatkan hasil penelitian ini dalam mendesain lingkungan belajar agar calon guru matematika mampu menyelesaikan soal HOTS.

Kata kunci: Berpikir Kritis, Komunikasi Matematis, *Higher Order Thinking Skills*.

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menekankan penguatan keterampilan berpikir kritis, keterampilan komunikasi, dan kemandirian belajar sebagai aspek penting dalam pengembangan kompetensi peserta didik (Aslamiah et al., 2021). Untuk jenjang pendidikan tinggi, mahasiswa harus memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) sehingga mereka perlu berada pada setiap aktivitas pembelajaran saat ini (Arafah et al., 2021; Yuliati & Lestari, 2018). Perubahan paradigma pendidikan menuntut mahasiswa tidak sekadar menguasai konsep, tetapi juga mampu memecahkan masalah nyata, berpikir kritis, dan mengomunikasikan ide-ide matematis secara logis dan runtut.

Keterampilan berpikir kritis (MCT) dan keterampilan komunikasi matematis (MCS) memiliki hubungan yang sangat erat. Sebelum memecahkan suatu masalah, mahasiswa harus terlebih dahulu memahami suatu masalah. Untuk memahami masalah tersebut dibutuhkan keterampilan berpikir kritis (MCT). Keterampilan berpikir kritis (MCT) merupakan salah satu keterampilan terpenting yang harus dimiliki mahasiswa dalam pembelajaran matematika. Dengan MCT yang baik, mahasiswa dapat menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari, bahkan bisa menyelesaikan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Aripin et al., 2024).

Berpikir kritis memungkinkan mahasiswa untuk menganalisis, mengevaluasi informasi, dan menyusun argumen logis. Pada perguruan tinggi berpikir kritis dianggap hasil dari pembelajaran inti dan bagian dari tanggung jawab institusi (Mulbasari et al., 2025). Keterampilan berpikir kritis mempunyai hubungan yang erat dengan keterampilan komunikasi matematis, bahkan dosen juga akan cenderung meminta mahasiswa untuk mempresentasikan jawabannya di depan kelas untuk mendukung proses pembelajaran yang bermakna. Proses ini tidak bisa terlepas dari komunikasi matematis, baik secara lisan, tulisan maupun simbol matematika. Mahasiswa yang mampu berpikir kritis akan lebih mudah mengomunikasikan ide-ide matematis secara rutin, jelas, dan dapat dipertanggung jawabkan.

Dalam menyelesaikan suatu masalah MCS merupakan hal penting yang harus dimiliki oleh setiap orang, terutama bagi calon guru matematika (Musdi et al., 2024). Calon guru matematika harus memiliki

keterampilan komunikasi matematis yang baik dan mampu menyampaikan konsep matematika secara efektif kepada mahasiswa. Kemampuan ini merupakan inti dari pengajaran dan penilaian matematika serta sebagai modal dasar dalam memecahkan, mengeksplorasi, dan menyelidiki masalah matematika yang berdampak pada kehidupan nyata. Keterampilan komunikasi matematis untuk mengekspresikan ide-ide melalui tabel, grafik, diagram, dan aljabar (Hidayat & Aripin, 2023; Nurniqta et al., 2025) serta dapat mengartikulasikan ide-ide matematika melalui ekspresi tertulis dan lisan (Pratiwi et al., 2025). Keterampilan ini memungkinkan mahasiswa untuk mengekspresikan ide-ide matematika tentang masalah mereka, mendorong pemecahan masalah, dan pemikiran kritis untuk tantangan masa depan (Hidayat & Aripin, 2023; Shodiqin et al., 2020).

Keterampilan komunikasi matematis adalah cara mahasiswa menyampaikan idenya baik lisan maupun tulisan (Khaidir et al., 2024; N. D. Putri & Musdi, 2020; Sari & Yuberta, 2022). Keterampilan komunikasi mahasiswa termasuk dalam bagaimana mahasiswa memahami, mengolah, dan mempresentasikan jawabannya dalam kertas kerja atau bahkan di depan kelas (Nuraini et al., 2023; Tate, 2020). Salah satu aspek kunci komunikasi matematis adalah kemampuan untuk mengungkapkan gagasan matematika secara efektif.

MCT dan MCS tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menemukan hubungan positif dan signifikan antara berpikir kritis dan komunikasi matematis (Khoirunnisya et al., 2024). Lebih lanjut (Pujiana et al., 2024) meneliti MCS mahasiswa lebih tinggi ketika mahasiswa memiliki MCT yang baik. Pada akhirnya MCS mahasiswa sangat penting dalam mengomunikasikan pemikiran matematika, meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa, kemampuan memecahkan masalah, mengidentifikasi, dan mengoreksi kesalahan konsep. Namun ada beberapa mahasiswa yang dapat menyelesaikan soal tetapi tidak dapat mempresentasikan jawabannya (Groves & Robinson, 2024; Waswa & Al-Kassab, 2023).

Meskipun keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis telah banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya, sebagian besar penelitian tersebut masih menempatkan kedua variabel secara terpisah. Padahal, dalam konteks penyelesaian soal HOTS, kedua keterampilan tersebut diduga tidak hanya berpengaruh secara individual, tetapi juga memiliki potensi hubungan yang lebih kompleks. Hingga saat ini, masih terbatas penelitian yang secara simultan mengkaji pengaruh serta interaksi antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis terhadap kemampuan menyelesaikan soal HOTS, khususnya pada mahasiswa (Ariawan & Nufus, 2017; Ningtyas et al., 2021; Shodiqin et al., 2020).

Salah satu bidang matematika di perguruan tinggi yang sangat bergantung pada keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis adalah mata kuliah Matematika Diskrit. Matematika Diskrit merupakan salah satu matakuliah dasar yang esensial dalam pengembangan kemampuan berpikir logis,

analitis, dan kritis mahasiswa. Sejalan dengan tuntutan kurikulum Merdeka Belajar dan kebutuhan abad 21, mahasiswa dituntut memiliki keterampilan komunikasi dan berpikir kritis yang baik. Soal-soal HOTS yang mencakup analisis, sintesis, dan evaluasi, menjadi penting dalam mempersiapkan mahasiswa untuk menghadapi kompleksitas dunia nyata. Di bidang Matematika Diskrit, keterampilan HOTS memainkan peran krusial karena topik-topik seperti teorigraf, kombinatorika, dan logika memerlukan pemikiran kritis dan kreatif (Pramartha et al., 2024).

Namun ada beberapa mahasiswa yang dapat menyelesaikan soal tetapi tidak dapat mempresentasikan jawabannya (Aguilar, 2021; Groves & Robinson, 2024; Waswa & Al-Kassab, 2023). Serta mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam memulai dan mengorganisasikan ide-ide matematis, terutama dalam bentuk tertulis. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengeksplorasi sejauh mana keterampilan komunikasi dan berpikir kritis mahasiswa dalam menyelesaikan soal HOTS pada mata kuliah Matematika Diskrit.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menyoroti salah satu aspek keterampilan atau menggunakan soal prosedural, penelitian ini memadukan dua keterampilan esensial secara bersamaan dengan menggunakan soal HOTS terbuka yang menuntut analisis, evaluasi, dan penyusunan argumen logis. Selain itu, penelitian ini menggunakan pendekatan mixed method sehingga tidak hanya menilai hasil akhir, tetapi juga mengeksplorasi proses komunikasi dan pola berpikir mahasiswa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara komprehensif keterkaitan antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis mahasiswa dalam menyelesaikan soal-soal *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada mata kuliah Matematika Diskrit yang terdiri atas: (1) Menganalisis interaksi antara tingkat keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis terhadap capaian skor HOTS mahasiswa; (2) Mendeskripsikan proses kognitif mahasiswa dalam tahapan interpretasi, analisis, hingga evaluasi saat menghadapi persoalan matematika non-rutin. Melalui pendekatan mixed methods, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan gambaran kuantitatif mengenai hasil belajar, tetapi juga mengungkap kedalaman proses berpikir dan cara mahasiswa calon guru mengomunikasikan ide matematis mereka.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed-methods* dengan *design sequential explanatory*, yaitu diawali dengan analisis kuantitatif kemudian dilanjutkan dengan analisis kualitatif untuk memperdalam hasil penelitian (Rusdi, 2020). Pada tahap kuantitatif, penelitian bertujuan untuk menguji

secara statistik pengaruh dan interaksi antara keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi matematis terhadap keterampilan mahasiswa dalam menyelesaikan soal-soal HOTS pada mata kuliah Matematika Diskrit. Selanjutnya, tahap kualitatif dilakukan untuk menjelaskan dan memperdalam temuan kuantitatif. Data kualitatif dikumpulkan melalui analisis jawaban tertulis mahasiswa, wawancara semi-terstruktur, dan observasi pembelajaran untuk mengkaji proses berpikir, pola komunikasi matematis, serta kelemahan mahasiswa pada aspek evaluasi dan regulasi diri dalam menyelesaikan soal HOTS.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama dua bulan pada mahasiswa semester empat yang mengikuti mata kuliah matematika diskrit di program studi Pendidikan Matematika IAIN Kerinci.

Target/Subjek Penelitian

Partisipan penelitian ini adalah 42 orang mahasiswa. Para mahasiswa diberikan soal yang valid dan praktis yang mampu menilai keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi matematis. Indikator penilaian berpikir kritis menggunakan soal *essay* yang diadaptasi dari Finken dan Ennis (1993) dan keterampilan komunikasi matematis diadaptasi dari Paridjo dan Waluya (2017).

Prosedur

Prosedur penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis sesuai dengan desain *mixed-methods* yang diawali dengan pengumpulan dan analisis data kuantitatif, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan dan analisis data kualitatif untuk memperdalam dan menjelaskan temuan kuantitatif. Analisis kuantitatif bertujuan untuk menyelidiki interaksi antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis dalam menyelesaikan soal-soal HOTS. Wawancara berisi tentang: 1) Pengetahuan tentang HOTS; 2) Pentingnya HOTS; 3) Strategi pembelajaran dalam menerapkan HOTS; dan 4) Kemampuan calon guru dalam menyelesaikan soal HOTS.

Data kualitatif yang diperoleh dari tanggapan tertulis mahasiswa dan wawancara semi-terstruktur dianalisis secara deskriptif menggunakan kerangka kerja soal HOTS. Analisis ini berfokus pada identifikasi pola diskursif dalam keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi matematis mahasiswa dengan mengkaji empat komponen isi kerangka kerja, yaitu penggunaan kata, mediator visual, narasi, dan rutinitas. Elemen-elemen ini digunakan untuk menginterpretasikan bagaimana mahasiswa mengonstruksi dan menyampaikan pemahaman matematis, terutama dalam konteks penyelesaian soal HOTS. Melalui pendekatan ini, penelitian memperoleh wawasan mendalam tentang proses komunikasi matematis mahasiswa dan keterampilan berpikir kritis dalam menyelesaikan soal HOTS.

Tahap pertama adalah persiapan penelitian, yang meliputi penyusunan instrumen penelitian berupa soal-soal HOTS pada mata kuliah Matematika Diskrit, yang mencakup materi kombinatorik, prinsip kandang merpati, fungsi pembangkit, dan graf. Instrumen tes disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis yang diadaptasi dari Finken dan Ennis serta indikator keterampilan komunikasi matematis yang diadaptasi dari Paridjo dan Waluya. Sebelum digunakan, instrumen diuji coba kepada mahasiswa di luar subjek penelitian untuk menguji validitas dan reliabilitasnya.

Tahap kedua adalah pelaksanaan pengumpulan data kuantitatif. Mahasiswa diberikan tes *essay* HOTS dalam menyelesaikan permasalahan Matematika Diskrit. Jawaban mahasiswa dinilai menggunakan rubrik penskoran yang telah ditetapkan, kemudian hasilnya digunakan untuk mengelompokkan mahasiswa ke dalam kategori keterampilan berpikir kritis tinggi dan rendah serta komunikasi matematis tinggi dan rendah.

Tahap ketiga adalah pengumpulan data kualitatif, yang dilakukan berdasarkan hasil analisis kuantitatif. Subjek penelitian dipilih secara purposif dari masing-masing kelompok kategori untuk mewakili variasi keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis. Data kualitatif dikumpulkan melalui analisis mendalam terhadap jawaban tertulis mahasiswa, wawancara semi-terstruktur, dan observasi aktivitas diskusi selama pembelajaran.

Data, Instrumen, Teknik Pengumpulan Data

Sumber data utama dalam penelitian ini adalah jawaban mahasiswa dalam tes matematika dan wawancara. Mahasiswa diberikan tes matematika yang dapat menilai MCT dan MCS mahasiswa, yang item-item soal tes memenuhi indikator MCT dan MCS. Instrumen penilaian soal tes HOTS berupa soal essai mencakup topik logika himpunan, relasi fungsi-fungsi, kombinatorik, dan graf. Soal-soal yang digunakan dalam penelitian ini dirancang berdasarkan konsep *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). HOTS merupakan keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi yang melibatkan proses kognitif seperti menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan solusi terhadap suatu permasalahan.

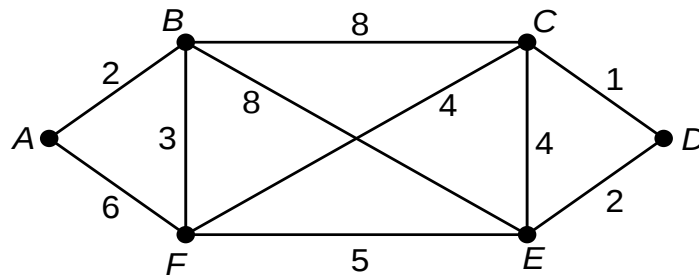
Indikator yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga aspek utama yaitu: *analysis* (C4): kemampuan mahasiswa mengidentifikasi informasi penting dalam soal menentukan konsep matematika yang relevan serta menyusun model matematika dari permasalahan yang diberikan; *evaluation* (C5): kemampuan mahasiswa mengevaluasi langkah penyelesaian, memeriksa kembali kebenaran solusi serta mempertimbangkan alternatif strategi penyelesaian; dan *creation* (C6): kemampuan mahasiswa mengembangkan strategi penyelesaian atau menyusun solusi terhadap permasalahan matematika non rutin secara sistematis. Soal yang termasuk kategori HOTS tidak hanya menuntut mahasiswa mengingat atau menerapkan rumus, tetapi juga menuntut mahasiswa untuk memahami situasi masalah, menyusun

model matematika, mengevaluasi strategi penyelesaian serta memberikan alasan logis terhadap solusi yang diperoleh.

Selanjutnya dilakukan wawancara semi-terstruktur untuk menguji keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematika. Setelah data terkumpul, perolehan tes tersebut dikaji berdasarkan pedoman penilaian yang berlaku. Pengujian ini dilakukan pada kedua kelompok sampel untuk mendapatkan data capaian mereka. Tujuannya adalah agar peneliti dapat membandingkan sejauh mana perbedaan prestasi akademik yang muncul di antara kedua kelas tersebut.

Tabel 1. Soal-soal HOTS Materi Matematika Diskrit

Materi	Soal	Keterampilan Berpikir Kritis	Keterampilan Komunikasi
Kombinatorik	Berapa cara menempatkan 5 orang dalam 3 kamar dengan syarat tidak ada kamar yang kosong dengan menggunakan prinsip inklusi dan eksklusif	Semua	Semua
Prinsip Kandang Merpati	20 orang pemain catur mengenakan pakaian seragam yang bernomor 1-20, kemudian akan dibentuk tim yang terdiri atas 3 orang dan jumlah nomor punggung tersebut akan menjadi kode tim tersebut. Jika dari 20 orang tersebut dipilih 8 secara acak untuk membentuk suatu tim. Maka tunjukkan sekurang-kurangnya ada 2 tim yang memiliki nomor kode yang sama	Semua	Semua
Fungsi Pembangkit Biasa (FPB)	Tentukan banyaknya cara memilih r huruf dari huruf-huruf pembentuk kata CANTIK dengan:	Semua	Semua
Fungsi Pembangkit Eksponensial (FPE)	Misalkan S adalah himpunan semua barisan terner n angka jika sebuah barisan dipilih secara acak atau random dari S . Berapa probabilitas terambilnya barisan yang memuat angka nol dan memuat angka sebanyak ganjil.	Semua	Semua
Graf	Seorang kurir paket diwajibkan mengantarkan kiriman ke sebuah perumahan yang memiliki denah jalan seperti pada graf di bawah ini. Agar efisien, kurir tersebut harus memastikan bahwa setiap ruas jalan di perumahan tersebut ia lalui sekurang-kurangnya satu kali. Rancanglah sebuah rute perjalanan bagi kurir tersebut sehingga ia dapat menyelesaikan tugasnya dengan total jarak tempuh yang paling minimal."	Semua	Semua

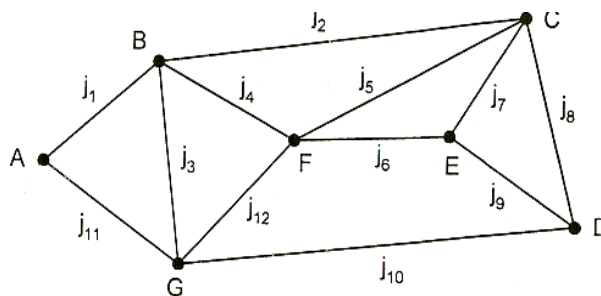


**Graf
Hamilton**

Diberikan sebuah graf yang merepresentasikan peta jalan antar kota A sampai G. Tugas Anda adalah menentukan lintasan yang harus ditempuh oleh seorang salesman agar ia dapat mendatangi setiap kota hanya satu kali, dengan asumsi perjalanan dimulai dari titik A.

Semua

Semua



Sebelum menggunakan soal-soal matematika ini, soal-soal tersebut diujikan pada 20 orang mahasiswa untuk melihat validitas dan reliabilitas soal tes. Hasilnya menunjukkan bahwa tes matematika tersebut valid dan reliabel dalam menilai keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis, dimana hasil skor tes $t_{tabel} = 0.444$ untuk signifikansi 5% t_{hitung} seperti tabel 2:

Sedangkan hasil uji reliabilitas tes terhadap 6 soal menunjukkan bahwa instrumen tes sudah memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dengan *Cronbach's alpha* = 0.766 sehingga soal tersebut dinyatakan layak untuk digunakan.

Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul melalui instrumen Tes *essay* dianalisis untuk mengelompokkan mahasiswa kedalam kategori mahasiswa yang memiliki keterampilan komunikasi matematis tinggi, rendah dan keterampilan berpikir kritis tinggi dan rendah. Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan ANOVA dua arah (*two way ANOVA*) untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel, serta interaksi antara kedua variabel tersebut terhadap capaian HOTS mahasiswa. Pengujian interaksi antara berpikir kritis dengan keterampilan komunikasi matematis dalam menyelesaikan soal-soal HOTS dimulai dari uji normalitas dan homogenitas kedua kelompok.

Teknik analisa data kualitatif dianalisis melalui tiga tahap: a) Reduksi data: mengelompokkan hasil tes wawancara berdasarkan indikator komunikasi dan berpikir kritis; b) Penyajian data: menampilkan pola keterampilan mahasiswa; dan c) Penarikan kesimpulan: merumuskan capaian keterampilan mahasiswa.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Menganalisis Interaksi Keterampilan MCT dan MCS terhadap Capaian HOTS

Untuk menguji ada atau tidaknya interaksi antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis dalam menyelesaikan soal-soal HOTS dalam mata kuliah matematika diskrit. Sebelum menguji hipotesis, peneliti melakukan uji normalitas dan homogenitas dengan hasil seperti ditampilkan pada tabel 2 dan tabel 3 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Objek	Keterampilan Berpikir Kritis Tinggi	Keterampilan Berpikir Kritis Rendah	Sig.
Komunikasi Matematis Tinggi	73,21	67,40	70,31
Komunikasi Matematis Rendah	67,57	61,76	64,66
μ	70,39	64,58	X

Berdasarkan uji normalitas sebelumnya terdapat sebaran data yang berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas kedua sampel penelitian. Uji homogenitas varian yang digunakan adalah uji *Levene's* dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Dari uji homogenitas data baik kelompok eksperimen maupun kontrol diperoleh hasil sebagaimana diperlihatkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

F	df1	df2	Sig.
1,735	3	38	,162

Uji normalitas dan homogenitas menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan homogen, sehingga dilakukan uji interaksi serta dampaknya terhadap aspek yang diamati. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

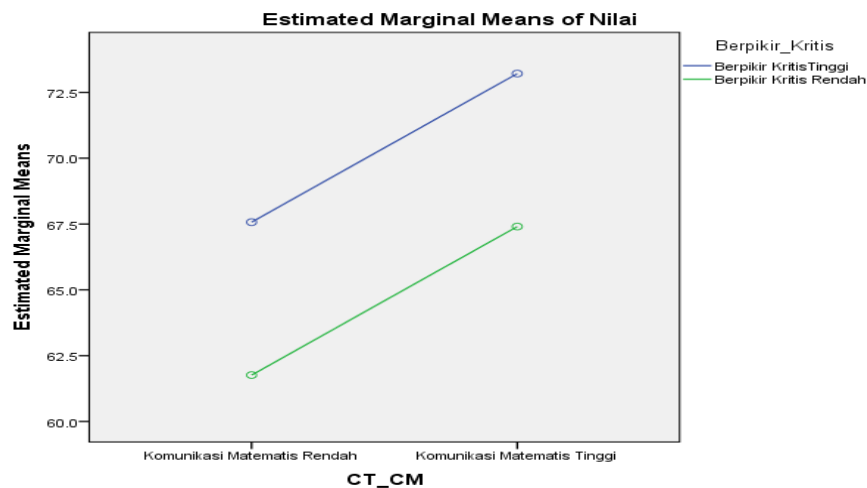
Tabel 4. Interaksi antara Tingkat Keterampilan Berpikir dan Komunikasi Matematis terhadap Kemampuan HOTS

<i>Source</i>	<i>Type III Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Corrected Model</i>	2754.881 ^a	3	918.294	12.829	.000
<i>Intercept</i>	765180.024	1	765180.024	10689.880	.000
Berpikir Kritis	1417.524	1	1417.524	19.803	.000
CT_CM	1337.357	1	1337.357	18.683	.000
Berpikir Kritis * CT_CM	.000	1	.000	.000	1.000
<i>Error</i>	11739.095	38	71.580		
<i>Total</i>	779674.000	42			
<i>Corrected Total</i>	14493.976	41			

a. *R Squared* = ,190 (*Adjusted R Squared* = ,175)

Berdasarkan tabel 4, secara keseluruhan mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis yang tinggi menunjukkan kemampuan menyelesaikan soal HOTS lebih baik dibandingkan mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis yang rendah. Pencapaian yang lebih baik di keterampilan berpikir kritis tinggi terjadi pada mahasiswa yang komunikasi matematisnya tinggi sedangkan di keterampilan berpikir kritis rendah pencapaian keterampilan soal HOTS juga pada keterampilan komunikasi tinggi. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Prasetyo & Firmansyah, 2022) bahwa mahasiswa dengan keterampilan matematika tinggi mampu memenuhi semua indikator berpikir kritis yaitu menginterpretasikan, menganalisis, mengevaluasi, dan menginferensi.

Pada tabel nilai signifikasi berpikir kritis = 0.000, Sig < 0.000, artinya ada perbedaan pengaruh keterampilan berpikir kritis dalam mempengaruhi penyelesaian soal HOTS. Nilai signifikansi pada berpikir kritis dan komunikasi matematis = 0.000 artinya terdapat pengaruh keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis di dalam mempengaruhi argumentasi matematis. Penelitian ini selaras dengan penelitian (Napitu & Simanjorang, 2024) yang menyatakan bahwa mahasiswa dengan tingkat berpikir kritis tinggi cenderung memiliki keterampilan komunikasi matematis yang lebih sistematis dan terarah. Hal ini bisa dilihat seperti gambar 1.



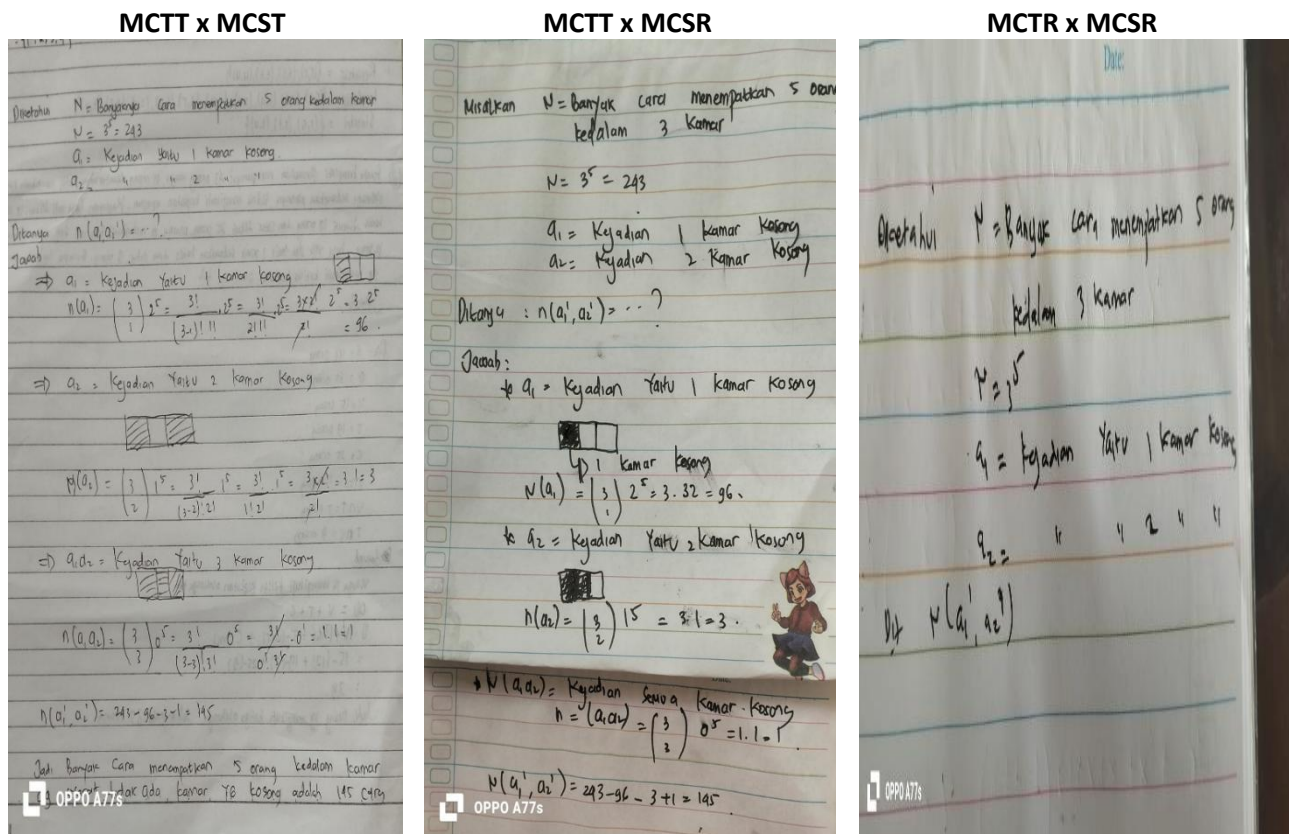
Gambar 1. Interaksi antara Keterampilan Berpikir Kritis dan Komunikasi Matematis dalam Menyelesaikan Soal-soal HOTS

Berdasarkan interaksi pada gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwasanya mahasiswa yang komunikasi matematika rendah ke komunikasi tinggi mengalami perubahan yang lebih besar pada mahasiswa yang berpikir kritis tinggi dari yang berpikir kritis rendah (tidak sama dengan). Artinya komunikasi matematis memberikan respon yang berbeda pada kedua keterampilan berpikir kritis dalam menyelesaikan soal-soal HOTS. Dengan kata lain dapat juga diartikan bahwa ada interaksi antara keterampilan berpikir kritis dengan komunikasi matematis dalam mempengaruhi mahasiswa menyelesaikan soal-soal HOTS. Hal ini bisa dilihat dari hasil jawaban mahasiswa.

Penelitian ini memberikan bukti empiris yang kuat mengenai adanya keterkaitan dan interaksi antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis mahasiswa dalam menyelesaikan soal-soal HOTS pada mata kuliah Matematika Diskrit. Temuan penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan mahasiswa dalam menyelesaikan soal HOTS tidak semata-mata ditentukan oleh penguasaan prosedur atau konsep matematis, tetapi sangat dipengaruhi oleh kemampuan mereka dalam berpikir kritis serta mengomunikasikan ide-ide matematis secara runtut dan bermakna. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Lewy et al., 2009; Meryansumayeka et al., 2022).

2. P

Berdasarkan tes matematika dan wawancara mendalam dari 42 mahasiswa, interaksi antara MCT dan MCS memiliki 4 kondisi yaitu MCT tinggi dan MCS tinggi, MCT tinggi dan MCS rendah, MCT rendah dan MCS tinggi, MCT rendah dan MCS rendah. Data yang diperoleh dari lembar mahasiswa yang berkaitan dengan kemampuan menyelesaikan soal HOTS. Sebagian besar MCT tinggi cenderung memiliki MCS tinggi yaitu 6 dari 10 mahasiswa, dan 4 orang memiliki MCS rendah. Hal ini sebagian besar terjadi karena mahasiswa salah membaca dan kurang teliti dalam menyelesaikan soal. Ini hanya terjadi pada soal 1, 2, dan 5 seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2. Jawaban Mahasiswa yang Memiliki Keterampilan Berpikir Kritis dan Komunikasi Matematis Tinggi

Gambar 2 menunjukkan contoh jawaban mahasiswa pada soal HOTS materi kombinatorik, jawaban pada gambar merupakan representasi dari kelompok mahasiswa keterampilan berpikir kritis tinggi dan komunikasi matematis tinggi. Berdasarkan hasil pengelompokkan terdapat 6 mahasiswa yang termasuk pada kategori MCTT x MCST. Mahasiswa dari kelompok ini umumnya mampu mengidentifikasi informasi penting dalam soal, seperti jumlah orang, jumlah kamar, dan syarat bahwa setiap kamar harus terisi. Terdapat 5 orang MCTT x MCSR, 6 orang MCTR x MCSR, dan 5 orang MCTR x MCST.

Berdasarkan analisis jawaban tertulis mahasiswa pada soal HOTS, tampak bahwa keterampilan berpikir kritis mahasiswa menunjukkan variasi pada setiap indikator. Pada tahap interpretasi, sebagian besar mahasiswa mampu mengidentifikasi informasi penting dari soal, seperti jumlah orang, jumlah kamar, serta batasan bahwa setiap kamar harus terisi. Hal ini terlihat dari jawaban mahasiswa yang secara eksplisit menuliskan syarat “tidak ada kamar kosong” dan mengaitkannya dengan penggunaan prinsip inklusi–eksklusi sebagai strategi penyelesaian. Pada tahap ini, mahasiswa telah menunjukkan kemampuan memahami permasalahan dan menentukan konsep matematika yang relevan.

Selanjutnya, pada tahap analisis, mahasiswa mampu menyusun model matematis yang sesuai dengan permasalahan. Sebagian mahasiswa menuliskan langkah-langkah sistematis, dimulai dari

menghitung seluruh kemungkinan penempatan tanpa syarat, kemudian mengurangi kasus-kasus yang melanggar ketentuan. Hal ini memberikan gambaran bahwa mahasiswa memiliki kecakapan dalam memetakan variabel-variabel soal ke dalam skema atau prosedur matematis yang sesuai.

Namun demikian, kelemahan yang cukup menonjol ditemukan pada indikator evaluasi. Sebagian besar mahasiswa tidak melakukan pemeriksaan ulang terhadap solusi yang diperoleh. Beberapa jawaban menunjukkan adanya kesalahan dalam perhitungan jumlah kasus yang harus dikeluarkan, tetapi mahasiswa tetap menerima hasil akhir tanpa melakukan verifikasi logis. Mahasiswa juga tidak membandingkan solusi yang diperoleh dengan kemungkinan pendekatan alternatif, seperti penggunaan *surjective function* atau pemodelan fungsi dari himpunan orang ke himpunan kamar.

Pada indikator regulasi diri, mahasiswa cenderung berhenti pada solusi pertama yang dianggap benar. Tidak ditemukan upaya refleksi, seperti meninjau kembali kesesuaian jawaban dengan konteks soal atau menjelaskan alasan mengapa metode yang digunakan merupakan metode paling tepat.

Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun mahasiswa telah memiliki kemampuan interpretasi dan analisis yang cukup baik, keterampilan berpikir kritis pada level tinggi terutama evaluasi dan regulasi diri belum berkembang secara optimal. Kondisi ini memperkuat dugaan bahwa pembelajaran sebelumnya lebih banyak melatih mahasiswa pada penyelesaian prosedural dibandingkan pada aktivitas reflektif dan evaluatif yang menuntut HOTS secara utuh. Namun berbeda dengan mahasiswa yang memiliki keterampilan berpikir kritis rendah dan komunikasi rendah, hanya mampu menganalisis yang diketahui dan ditanya. Hal ini mengidentifikasi bahwa keterampilan berpikir kritis yang rendah membuat mahasiswa juga sulit mengomunikasi secara tulisan.

Interaksi yang ditemukan menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan komunikasi matematis memberikan dampak yang lebih signifikan pada mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis tinggi dibandingkan mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis rendah. Hal ini menegaskan bahwa berpikir kritis dan komunikasi matematis bukan dua keterampilan yang berdiri sendiri, melainkan saling berkelindan dalam membentuk kemampuan berpikir tingkat tinggi (Suri et al., 2021). Ketika mahasiswa mampu mengungkapkan alasan, menyusun argumen, serta merepresentasikan ide matematika secara tepat, proses berpikir kritis menjadi lebih terstruktur, reflektif, dan dapat dipertanggung jawabkan (Kusmaryono et al., 2024).

Sebaliknya, mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis tinggi tetapi komunikasi matematis rendah menunjukkan performa HOTS yang lebih rendah secara signifikan. Hasil kualitatif mengungkap bahwa mahasiswa dalam kelompok ini sebenarnya mampu mengidentifikasi konsep dan

strategi yang relevan (*interpretation* dan *analysis*), namun mengalami kesulitan dalam mengungkapkan alasan, membangun argumen, dan merefleksikan solusi yang diperoleh. Keterbatasan komunikasi matematis menyebabkan proses evaluasi dan regulasi diri tidak berkembang secara optimal, yang pada akhirnya berdampak pada capaian HOTS secara keseluruhan.

Temuan kuantitatif juga menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan komunikasi matematis memberikan dampak yang lebih besar pada mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis tinggi dibandingkan mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis rendah. Pola ini dapat dijelaskan melalui analisis kualitatif yang menunjukkan bahwa komunikasi matematis berfungsi sebagai sarana refleksi kognitif. Mahasiswa yang mampu menjelaskan dan mendiskusikan solusi cenderung melakukan pengecekan ulang, mempertimbangkan alternatif penyelesaian, dan mengevaluasi validitas jawaban, khususnya pada soal non-rutin seperti Graf Hamilton dan Fungsi Pembangkit. Artinya keterampilan berpikir kritis tinggi sejalan dengan keterampilan komunikasi matematika tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Marfirah et al., 2025) menunjukkan bahwa siswa dengan tingkat berpikir kritis yang lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan komunikasi matematis yang lebih baik.

Sementara itu, pada kelompok mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis rendah, peningkatan komunikasi matematis belum menghasilkan peningkatan HOTS yang signifikan. Analisis kualitatif menunjukkan bahwa meskipun mahasiswa dapat menuliskan langkah-langkah penyelesaian secara lebih lengkap, penjelasan yang diberikan masih bersifat prosedural dan tidak disertai penalaran evaluatif. Hal ini mengindikasikan bahwa komunikasi matematis tanpa fondasi berpikir kritis yang memadai belum cukup untuk mendorong pencapaian HOTS secara optimal.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa interaksi antara keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis bersifat asimetris. Komunikasi matematis berperan sebagai penguat (*amplifier*) bagi keterampilan berpikir kritis, tetapi tidak dapat menggantikannya. Temuan ini menjelaskan secara konseptual mengapa analisis kuantitatif menunjukkan adanya *interaction effect*, sekaligus memperkuat temuan kualitatif yang memperlihatkan kelemahan mahasiswa pada aspek evaluasi dan regulasi diri.

Secara teoretis, penyelarasan temuan kuantitatif dan kualitatif ini mendukung pandangan bahwa berpikir kritis dan komunikasi matematis merupakan dua konstruksi yang saling bergantung dalam pengembangan HOTS. Secara praktis, hasil ini mengimplikasikan bahwa pembelajaran Matematika Diskrit perlu dirancang untuk secara simultan melatih penalaran kritis dan diskursus matematis, khususnya melalui soal HOTS terbuka, diskusi kelompok, dan aktivitas reflektif yang

menuntut justifikasi dan evaluasi solusi. Hal ini juga terlihat pada soal Graf Hamilton (*Traveling Salesman Problem*).

Seorang salesman hendak mengunjungi setiap kota masing-masing satu kali, dimulai dari kota A. Tentukan lintasan yang harus dilalui.

$$A, B, C, D, E, F, G, E, B, F, A = 2 + 8 + 1 + 2 + 5 + 4 + 4 + 2 + 3 + 4 = 43$$

Gambar 3. Jawaban Mahasiswa yang Memiliki MCT dan MCS Rendah

Hasil analisis ditemukan 5 mahasiswa menunjukkan pola jawaban yang serupa dengan yang ditunjukkan pada gambar 3. Mahasiswa tersebut sebagian besar dari kelompok keterampilan berpikir kritis rendah yang terdiri dari 3 mahasiswa dengan MCS rendah dan 2 mahasiswa dengan MCS tinggi.

Mahasiswa yang MCT rendah terlihat pada gambar bahwa keterampilan mengomunikasikan jawaban secara tertulis juga rendah. Mahasiswa yang MCS rendah langsung berfokus pada strategi penyelesaian tanpa melalui tahap awal pemecahan masalah seperti menuliskan informasi data. Meskipun demikian, MCT rendah dan MCS rendah menyatakan tidak mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi unsur-unsur tersebut, tetapi secara sengaja memilih untuk tidak menuliskannya karena langsung memasuki tahapan penyelesaian seperti gambar 3. Hal ini bisa dilihat dari mahasiswa dalam menjawab soal HOTS langsung menjawab lintasan dari A ke B tanpa menjelaskan model matematikanya da juga berdasarkan hasil wawancara mahasiswa keterampilan berpikir kritis dan komunikasi rendah, Ketika ditanya alasan mereka tidak bisa memberikan alasan secara lisan. Hal ini mengidentifikasi bahwa keterampilan komunikasi mahasiswa baik lisan maupu tulisan masih rendah. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Aminudin & Basir, 2019) yang menyatakan bahwa mahasiswa yang keterampilan berpikir kritis rendah tidak mampu mengomunikasikan jawaban yang diberikan baik secara lisan maupun tulisan. Gambar 4 berikut menunjukkan contoh jawaban mahasiswa pada soal HOTS materi kombinatorik.

MCTT x MCST

MCTR x MCSR

Handwritten mathematical solutions for finding the coefficient of x^p in the expansion of $(1+x+x^2+x^3+\dots)^5$. The solutions use the binomial theorem and combinatorial methods.

Handwritten mathematical solutions for finding the coefficient of x^p in the expansion of $(1+x+x^2+x^3+\dots)^5$. The solutions use the binomial theorem and combinatorial methods.

Gambar 4. Soal Fungsi Pembangkit (FPB)

Pada indikator *interpretation*, sebagian besar mahasiswa mampu mengidentifikasi batasan permasalahan, seperti jumlah kemunculan huruf tertentu dan keharusan memilih konsonan. Mahasiswa juga menunjukkan pemahaman awal dengan menyatakan bahwa soal dapat diselesaikan menggunakan fungsi pembangkit biasa (FPB). Pada tahap *analysis*, mahasiswa mampu membangun fungsi pembangkit untuk masing-masing huruf dan mengalikan fungsi-fungsi tersebut sesuai dengan aturan kombinatorika. Langkah ini menunjukkan bahwa mahasiswa telah memiliki kemampuan analitis dalam menghubungkan batasan soal dengan representasi simbolik matematika.

Akan tetapi, pada indikator *evaluation*, ditemukan kelemahan yang cukup menonjol. Beberapa mahasiswa melakukan kesalahan dalam menentukan pangkat atau koefisien, namun tidak melakukan pengecekan ulang terhadap hasil yang diperoleh. Mahasiswa cenderung menerima koefisien akhir sebagai jawaban tanpa memastikan bahwa hasil tersebut benar-benar memenuhi semua syarat dalam soal.

Pada indikator *self-regulation*, mahasiswa tidak menunjukkan usaha untuk memverifikasi solusi melalui pendekatan lain, misalnya dengan enumerasi kasus sederhana atau pengecekan logis terhadap hasil. Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa belum terbiasa melakukan monitoring dan evaluasi terhadap proses berpikirnya sendiri.

Berdasarkan tes matematika dan wawancara mendalam berikut interaksi antara MCT dan MCS pada soal HOTS: interpretasi dan analisis sebagian mahasiswa mampu mengidentifikasi informasi penting dan menyusun model matematis. Inferensi: hanya sekitar 40% mahasiswa dapat menarik kesimpulan yang tepat berdasarkan bukti. Evaluasi: kemampuan mengevaluasi solusi alternatif masih rendah, serta banyak mahasiswa berhenti pada jawaban pertama yang ditemukan. Penjelasan dan regulasi diri: sebagian besar mahasiswa kesulitan menjelaskan alasan dibalik jawaban, serta jarang melakukan pengecekan kembali. Hal ini sejalan dengan penelitian (M. S. Lubis & Lubis,

2024; I. S. Putri & Aini, 2023) yang mengungkapkan bahwa untuk menyelesaikan soal-soal berbentuk HOTS maka dibutuhkan kemampuan berpikir kritis yang tinggi.

Komunikasi tertulis: sebagian besar mahasiswa mampu menuliskan prosedur penyelesaian soal runtut, namun hanya sedikit yang menyertakan alasan logis atau penjelasan verbal. Notasi dan simbol digunakan dengan benar, tetapi penjelasan naratif masih terbatas. Komunikasi lisan: saat diskusi, mahasiswa cenderung pasif, hanya beberapa yang berani mengemukakan pendapat. Kesulitan utama adalah menyusun argumen logis secara runtut dan menggunakan istilah matematis dengan tepat.

Hasil penelitian mengungkapkan adanya perbedaan antara kemampuan teknis dalam menyelesaikan soal dengan kemampuan dalam mengomunikasikan ide dan berpikir kritis. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya bahwa mahasiswa lebih terbiasa mengerjakan soal prosedural daripada soal terbuka. Rendahnya kemampuan komunikasi lisan juga menunjukkan perlunya pembelajaran berbasis diskusi, presentasi, dan kolaborasi.

Dari hasil jawaban mahasiswa dan wawancara, diperoleh informasi bahwa MCT dan MCS tinggi memiliki penjelasan yang sangat baik. Misalnya pada soal no. 1, MCT menjawab dengan detail dan menggunakan simbol matematika yang benar bahkan bisa menyebutkannya, yang menunjukkan komunikasi yang tinggi. Dalam proses wawancara ia juga dapat mempresentasikan jawabannya dan memahami ide mahasiswa lain. Dalam wawancara diberikan pertanyaan, "Apakah Anda memiliki metode lain untuk menyelesaikan masalah ini?". Dia menjawab, "Saya belum terpikir cara lain". Cara yang tepat menyelesaikan masalah ini adalah menggunakan rumus kombinatorik, karena untuk menempatkan setiap 5 orang kedalam tiga kamar tentunya setiap orang memiliki peluang yang sama untuk menempati ketiga kamar (rumus kombinatorik tidak memperhatikan urutan). Berdasarkan jawabannya dapat dilihat bahwa dia memahami masalah, memproses, dan menyajikannya. Lebih jauh lagi, dia juga dapat menggunakan simbol dan bahasa yang tepat, misalnya jawaban MCT untuk masalah 3.

Secara kuantitatif, mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis tinggi dan komunikasi matematis tinggi memperoleh skor HOTS paling optimal dibandingkan kelompok lainnya. Pola ini sejalan dengan temuan kualitatif pada soal Graf Hamilton dan Fungsi Pembangkit, di mana mahasiswa pada kelompok ini tidak hanya mampu menginterpretasikan masalah dan menyusun model matematis, tetapi juga menunjukkan kecenderungan untuk menjelaskan langkah penyelesaian secara lebih terstruktur dan koheren. Kemampuan komunikasi matematis yang baik memungkinkan mahasiswa mengeksternalisasi proses berpikir kritis mereka, sehingga penalaran menjadi lebih sistematis dan mudah dievaluasi. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Febriyanti et al., 2022; Prasetyo &

Firmansyah, 2022) bahwa peserta didik yang memiliki kemampuan tinggi mampu memenuhi semua indikator berpikir kritis yaitu menginterpretasikan, menganalisis, mengevaluasi, dan menginferensi.

Berdasarkan hasil penelitian, terlihat bahwa MCT mahasiswa sebenarnya sejalan dengan MCS mereka. Hasil serupa dengan penelitian (Nopriana & Noto, 2017; Khoirunnisya et al., 2024; (Niswah & Agoestanto, 2021) Yang menemukan hubungan antara MCT mahasiswa. Lebih lanjut penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak ada mahasiswa yang memiliki perbedaan signifikan seperti MCT tinggi tetapi MCS rendah. Hal ini juga akan aneh karena hal pertama yang perlu dilakukan mahasiswa dalam menuliskan jawaban secara lisan dan tulisan adalah berpikir kritis (S. S. W. Lubis, 2017; Munawwarah et al., 2020).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh keterampilan berpikir kritis dan komunikasi matematis serta interaksi antara kedua keterampilan mahasiswa dalam menyelesaikan soal HOTS pada mata kuliah matematika diskrit. Hasil analisis kuantitatif menunjukkan adanya efek interaksi yang signifikan antara kedua keterampilan tersebut. Mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis tinggi menunjukkan capaian HOTS yang lebih optimal, terutama ketika didukung oleh keterampilan komunikasi matematis yang baik. Sebaliknya, pada mahasiswa dengan keterampilan berpikir kritis rendah, peningkatan komunikasi matematis belum memberikan dampak yang signifikan terhadap capaian HOTS. Temuan kualitatif memperkuat hasil tersebut dengan menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa telah mampu melakukan interpretasi dan analisis masalah, namun masih mengalami kelemahan pada aspek evaluasi dan regulasi diri. Mahasiswa cenderung menerima solusi pertama tanpa melakukan pengecekan ulang, mempertimbangkan alternatif penyelesaian, atau merefleksikan kebenaran jawaban. Keterbatasan ini semakin tampak pada soal-soal non-rutin seperti Graf Hamilton dan Fungsi Pembangkit.

Secara konseptual, penelitian ini menegaskan bahwa komunikasi matematis berperan sebagai variabel penguat (*amplifier*) bagi keterampilan berpikir kritis, bukan sebagai faktor yang berdiri sendiri. Oleh karena itu, pengembangan HOTS dalam pembelajaran matematika, khususnya Matematika Diskrit, menuntut integrasi yang seimbang antara penguatan penalaran kritis dan pengembangan diskursus matematis yang bermakna.

Saran

Berdasarkan hasil analisis data dan kesimpulan yang telah dipaparkan, penelitian ini merumuskan sejumlah langkah strategis yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Salah satunya adalah pembelajaran perlu dirancang secara integratif dengan menekankan pemecahan

masalah berbasis HOTS yang disertai tuntutan eksplisit untuk menjelaskan, membenarkan, dan mengevaluasi solusi. Strategi seperti *problem-based learning*, *open-ended problems*, diskusi kelompok, dan presentasi hasil pemecahan masalah perlu dioptimalkan untuk melatih evaluasi dan regulasi diri mahasiswa. Bagi mahasiswa calon guru matematika; Penguatan keterampilan komunikasi matematis lisan perlu menjadi perhatian utama, mengingat calon guru dituntut mampu mengelola diskursus matematis di kelas. Kegiatan reflektif, argumentasi, dan umpan balik sejawat sebaiknya diintegrasikan secara sistematis dalam perkuliahan. Bagi peneliti selanjutnya; Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji model konseptual interaksi antara berpikir kritis dan komunikasi matematis pada konteks mata kuliah lain atau jenjang pendidikan yang berbeda, serta menggunakan desain eksperimen untuk mengkaji efektivitas intervensi pembelajaran berbasis HOTS.

REFERENSI

- Aguilar, J. J. (2021). High School Students' Reasons for disliking Mathematics: The Intersection Between Teacher's Role and Student's Emotions, Belief and Self-efficacy. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(3), em0658. <https://doi.org/10.29333/iejme/11294>
- Aminudin, M., & Basir, M. A. (2019). Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Calon Guru Matematika dalam Menilai Kebenaran Pernyataan Matematis. *Union: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 7(3), 369–382. <https://doi.org/https://doi.org/10.30738/union.v7i3.5841>
- Arafah, K., Amin, B. D., Sari, S. S., & Hakim, A. (2021). The Development of Higher Order-Thinking Skills (HOTS) Instrument Assessment in Physics Study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1), 012140. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012140>
- Ariawan, R., & Nufus, H. (2017). Hubungan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dengan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa. *Jurnal THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, 1(2), 82–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.31949/th.v1i2.351>
- Aripin, U., Rosmiati, T., Pitriyani, W., & Fauzi, F. (2024). Solving Smartphone Storage Management Problems: Students' Mathematical Literacy Based on Self-Regulated Learning. *Edumatika: Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 31–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.32939/ejrpm.v7i1.3614>
- Aslamiah, A., Abbas, E. W., & Mutiani, M. (2021). 21st-Century Skills and Social Studies Education. *The Innovation of Social Studies Journal*, 2(2), 82–92. <https://doi.org/10.20527/iis.v2i2.3066>
- Febriyanti, S. D., Indiati, I., & Setyawati, R. D. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis dan Komunikasi Matematis Siswa dalam Pemecahan Masalah Matematika Bertipe Soal TIMSS. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 14(1), 121–132.
- Finken, M., & Ennis, R. H. (1993). *Illinois Critical Thinking Essay Test*. University of Illinois.
- Groves, T., & Robinson, W. (2024). Distilling the Comparative Essence of Teachers' Centres in England and Spain 1960-1990: Past Perspectives and Current Potential for Teacher Professional Development?

Research Papers in Education, 39(1), 93–112. <https://doi.org/10.1080/02671522.2022.2089215>

- Hidayat, W., & Aripin, U. (2023). How To Develop an E-Lkpd With a Scientific Approach To Achieving Students' Mathematical Communication Abilities? *Infinity Journal*, 12(1), 85–100. <https://doi.org/10.22460/infinity.v12i1.p85-100>
- Khaidir, C., Fitrizza, R., Yumariza, N., & Wahid, R. (2024). Communication Skills and Mathematical Disposition in Implementing Geogebra-Assisted Problem-Based Learning Strategies. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 6(1), 51–62. <https://doi.org/10.35316/alifmatika.2024.v6i1.51-62>
- Khoirunnisya, R., Yurike, G. I., Susanti, E., Sari, N., & Putri, R. I. I. (2024). Pengaruh Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kemampuan Komunikasi Matematis terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Materi SPLDV. *Lattice Journal: Journal of Mathematics Education and Applied*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.30983/lattice.v4i1.8376>
- Kusmaryono, I., Maharani, H. R., & Muhtarom. (2024). *Mempromosikan Pemikiran Kritis melalui Pembelajaran Matematika*. CV. Yudhistt Fateeh.
- Lewy, L., Zulkardi, Z., & Aisyah, N. (2009). Pengembangan Soal untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pokok Bahasan Barisan dan Deret Bilangan di Kelas IX Akselerasi SMP Xaverius Maria Palembang. *Jurnal Pendidikan Matematika Sriwijaya*, 3(2), 121404.
- Lubis, M. S., & Lubis, N. A. (2024). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika Tipe HOTS Menggunakan Teori Newman di Kelas X SMA Negeri 1 Sibolga. *Math Educa Journal*, 8(1), 114–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.15548/mej.v8i1.8220>
- Lubis, S. S. W. (2017). Keterampilan Menulis Essai dalam Pembentukan Berpikir Kritis Mahasiswa Prodi PGMI UIN Ar-Raniry Banda Aceh. *PIONIR: Jurnal Pendidikan*, 6(2), 1–17.
- Marfirah, L., Hidayati, K., & Radite, R. (2025). Analyzing Critical Thinking and Mathematical Communication Skills of Junior High School Students Based on Intrapersonal and Interpersonal Intelligence. *IJSRM: International Journal of Scientific Research and Management*, 13(2), 3970–3983. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v13i02.el07>
- Meryansumayeka, Zulkardi, Putri, R. I. I., & Hiltrimartin, C. (2022). Designing Geometrical Learning Activities Assisted with ICT Media for Supporting Students' Higher Order Thinking Skills. *Journal on Mathematics Education*, 13(1), 135–148. <https://doi.org/http://doi.org/10.22342/jme.v13i1.pp135-148>
- Mulbasari, A. S., Putri, R. I. I., Zulkardi, & Aisyah, N. (2025). Developing a PMRI Learning Environment for Pre-Service Teachers to Teach Geometry in Elementary Education. *Mathematics Education Journal*, 19(3), 585–608.
- Munawwarah, M., Laili, N., & Tohir, M. (2020). Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa dalam Memecahkan Masalah Matematika Berdasarkan Keterampilan Abad 21. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 2(1), 37–58. <https://doi.org/10.35316/alifmatika.2020.v2i1.37-58>
- Musdi, E., Syaputra, H., Arnellis, & Harisman, Y. (2024). Students' Mathematics Communication Behavior: Assessment Tools and Their Application. *Journal on Mathematics Education*, 15(1), 317–338.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22342/jme.v15i1.pp317-338>

- Napitu, E. N. E., & Simanjorang, M. M. (2024). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Berdasarkan Soal Berbasis TIMSS. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2), 371–382. <https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v2i2.2576>
- Ningtyas, E. Z., Surabaya, U. N., Open-ended, S., Reflektif, G. K., & Kognitif, G. (2021). Mathematics Communication Junior High School Students in Solving Open-Ended Question Based on Reflective-Impulsive Cognitive Style. *Eduteach: Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Pembelajaran*, 2(1), 31–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.37859/eduteach.v2i1.2410>
- Niswah, A. F., & Agoestanto, A. (2021). Kemampuan Komunikasi dan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau dari Self-Efficacy Menggunakan Quantum Teaching pada Siswa SMP. *PRISMA: Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 49–58. <https://journal.unnes.ac.id/sju/prisma/article/view/44985>
- Nopriana, T., & Noto, M. S. (2017). Komunikasi matematis dan disposisi berpikir kritis mahasiswa pendidikan matematika pada mata kuliah matematika diskrit. *Teorema*, 1(2).
- Nuraini, Yuanita, P., Murni, A., & Roza, Y. (2023). Analysis of Mathematical Communication Ability in Set Materials. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 7(1), 93–105. <https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v7i1.2327>
- Nurniqta, Johar, R., Anwar, Ishak, M. I. S., & Oktavia, R. (2025). Integrating Sedekah Context in Mathematics Learning to Enhance Students' Mathematical Communication Skills and Awareness of SDG 1: No-Poverty. *MEJ: Mathematics Education Journal*, 19(3), 609–628. <https://doi.org/https://doi.org/10.22342/mej.v19i3.pp609-628>
- Paridjo, & Walluya, B. (2017). Analysis Mathematical Communication Skills Students in Matter Algebra Based NCTM. *IOR-JM: IOR Journal of Mathematics*, 13(1), 60–66.
- Pramartha, I. N. B., Kusumawati, N. M. R., Dewi, N. P. T. T., Sudiatmika, I. P. G. A., & Jayanti, N. W. S. (2024). Implementasi E-Assessment Higher Order Thinking Skills (HOTS) pada Model Problem Possing pada Mata Kuliah Matematika Diskrit. *JRIP: Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 4(3), 1925–1937. <https://doi.org/https://doi.org/10.51574/jrip.v4i3.2060>
- Prasetyo, N. H., & Firmansyah, D. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Kelas VIII dalam Soal High Order Thinking Skill. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(1), 271–279. <https://doi.org/10.31949/educatio.v8i1.1958>
- Pratiwi, W. D., Zulkardi, Putri, R. I. I., & Hiltrimartin, C. (2025). Students' Communication Skill and Algebraic Thinking through Commognitive Framework in Algebra Learning. *MEJ: Mathematics Education Journal*, 19(3), 413–436. <https://jpm.ejournal.unsri.ac.id/index.php/jpm/article/view/88>
- Pujiana, E., Rohaeti, E., Suyanta, Asmiati, L., Sari, D. R., & Syahana, S. (2024). The Role of Communication Skills in Guided Inquiry Process to Improve Critical Thinking Skills. *JPPIPA: Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 1458–1464. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.6351>
- Putri, I. S., & Aini, A. N. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Menyelesaikan Soal HOTS Ditinjau dari Keaktifan pada Pembelajaran Cool-Critical-Creative-Meaningful. *Math Educa Journal*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.15548/mej.v7i1.5855>
- Putri, N. D., & Musdi, E. (2020). Analysis of Students Initial Mathematical Communication Skills in

Mathematics Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1554, 012064. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1554/1/012064>

Rusdi, M. (2020). *Penelitian Perlakuan Kependidikan (Educational Treatment Based Research)*. PT. Raja Grafindo Persada.

Sari, S. I., & Yuberta, K. R. (2022). Analysis of Mathematical Communication Ability in Terms of Students' Numerical Ability. *Rangkiang Mathematics Journal*, 1(2), 81–90.

Shodiqin, A., Waluya, S. B., Rochmad, & Wardono. (2020). Mathematics Communication Ability in Statistica Materials Based on Reflective Cognitive Style. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 012090. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012090>

Suri, I. R. A., Putri, I. R., & Netriwati. (2021). Pengaruh Pembelajaran Reciprocal Teaching terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau dari Komunikasi Matematis Siswa. *LINEAR: Journal of Mathematics Education*, 2(1), 37–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.32332/linear.v2i1.3206>

Tate, W. (2020). Mathematics Communication: Creating Opportunities to Learn. *Teaching Children Mathematics*, 1(6), 344–369. <https://doi.org/10.5951/tcm.1.6.0344>

Waswa, D. W., & Al-Kassab, M. M. (2023). Mathematics Learning Challenges and Difficulties: A Students' Perspective. *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, 418, 311–323. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0447-1_27

Yuliati, S. R., & Lestari, I. (2018). Higher-Order Thinking Skills (HOTS) Analysis of Students in Solving HOTS Question in Higher Education. *Perspektif Ilmu Pendidikan*, 32(2), 181–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.21009/PIP.322.10>