



Arsitek Pemahaman Ruang: Studi Profil Kemampuan Spasial Mahasiswa Calon Guru Matematika untuk Mengembangkan Pedagogi Geometri Analitik Ruang yang Efektif

Prahesti Tirta Safitri | Kus Andini Purbaningrum | Dian Nopitasari

How to cite : Safitri, P. T., Purbaningrum, K. A., & Nopitasari, D.(2025). Arsitek Pemahaman Ruang: Studi Profil Kemampuan Spasial Mahasiswa Calon Guru Matematika untuk Mengembangkan Pedagogi Geometri Analitik Ruang yang Efektif. International Journal of Progressive Mathematics Education,5(1),175-192. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v5i1.19092>

To link to this article : <https://doi.org/10.22236/ijopme.v5i1.19092>



©2025. The Author(s). This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC BY-SA) 4.0 license.



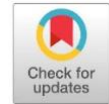
Published Online on 28 Juni, 2025



Submit your paper to this journal [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



Arsitek Pemahaman Ruang: Studi Profil Kemampuan Spasial Mahasiswa Calon Guru Matematika untuk mengembangkan Pedagogi Geometri Analitik Ruang yang Efektif

Prahesti Tirta Safitri^{1*}, Kus Andini Purbaningrum², Dian Nopitasari³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhamamdiyah Tangerang, Kota Tangerang, 15118, Indonesia

Corresponding: Jl. Perintis Kemerdekaan I No.33, Cikokol, Kec. Tangerang, Kota Tangerang, Banten 15118

E-mail: prahestitirta@gmail.com^{1*)}
kusandini27@gmail.com²⁾
dian.nopitasari511@gmail.com³⁾

Received: 26 Mei 2025

Accepted: 20 Juni 2025

Published Online: 28 Juni 2025

Abstrak

Kemampuan spasial merupakan prediktor penting dalam keberhasilan pembelajaran STEM, khususnya mata kuliah geometri analitik ruang yang memerlukan visualisasi tiga dimensi. Penelitian ini bertujuan menganalisis profil kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika dalam menyelesaikan masalah geometri analitik ruang. Metode penelitian menggunakan desain *mixed-method* dengan melibatkan 15 mahasiswa semester 5 Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Muhammadiyah Tangerang yang dipilih secara *random sampling*. Instrumen berupa tes kemampuan spasial 15 soal pilihan ganda yang mencakup visualisasi spasial, orientasi spasial, dan relasi spasial. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan coding kualitatif strategi penyelesaian mahasiswa. Hasil menunjukkan kemampuan spasial kategori sedang dengan rata-rata 9,07/15 (60,4%). Analisis per aspek mengungkap orientasi spasial unggul (64%), visualisasi spasial (61,3%), dan relasi spasial terlemah (54,7%). Temuan mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan metode visual dan analitis serta intervensi khusus untuk mengatasi miskonsepsi pada konsep irisan bidang dan polarisasi ekstrem tingkat kesulitan soal. Kontribusi penelitian memberikan *baseline* profil kemampuan spasial calon guru matematika dan implikasi desain pembelajaran yang mengintegrasikan pendekatan visual-analitis untuk mengembangkan kemampuan spasial secara optimal.

Kata kunci: Geometri Analitik Ruang; Kemampuan Spasial Mahasiswa

Abstract

Spatial ability is an important predictor of the success of STEM learning, especially in spatial analytical geometry courses that require three-dimensional visualization. This study aims to analyze the profile of spatial ability of prospective mathematics teacher students in solving spatial analytical geometry problems. The research method used a mixed-method design involving 15 5th semester students of the Mathematics Education Study Program, Muhammadiyah University of Tangerang who were selected by random sampling. The instrument was a spatial ability test of 15 multiple-choice questions covering spatial visualization, spatial orientation, and spatial relations. Data were analyzed using descriptive statistics and qualitative coding of student solving strategies. The results showed that spatial ability was in the moderate category with an average of 9.07/15 (60.4%). Analysis per aspect revealed superior spatial orientation (64%), spatial visualization (61.3%), and the weakest spatial relations (54.7%). The findings indicate the need for a learning approach that integrates visual and analytical methods and specific interventions to overcome misconceptions on the concept of plane intersection and extreme polarization of problem difficulty levels. The contribution of the study provides a baseline profile of prospective mathematics teacher spatial ability and implications for learning design that integrates a visual-analytical approach to develop spatial ability optimally.

Keywords: Analytic Geometry of Space; Students Spatial Ability



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution \(CC BY-SA\) 4.0 license Internasional License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Pendahuluan

Kemampuan spasial adalah salah satu komponen kecerdasan krusial yang memainkan peran penting dalam keberhasilan pembelajaran matematika, terutama pada materi yang melibatkan objek tiga dimensi. Kemampuan ini didefinisikan sebagai keterampilan kognitif atau intelektual untuk memahami, memanipulasi, merepresentasikan, mengubah, menghasilkan, dan mengingat informasi dari suatu objek atau lingkungan dalam ruang (New Combe & Frick, 2010); Desme et al, 2024). Klasifikasi kemampuan spasial yang paling diterima secara luas membaginya menjadi tiga komponen utama: visualisasi spasial (kemampuan memanipulasi objek kompleks secara mental, seperti rotasi dan refleksi), orientasi spasial (kemampuan mempertahankan orientasi dalam ruang), dan relasi spasial (kemampuan memahami hubungan posisional antar objek) (Linn & Petersen, 1985). Dalam konteks pendidikan tinggi, mata kuliah geometri analitik ruang menjadi tantangan tersendiri bagi mahasiswa karena menuntut kemampuan memvisualisasikan objek geometri dalam ruang koordinat tiga dimensi dan transisi dari representasi 2D ke 3D (Radford, 2023). Mahasiswa calon guru matematika menghadapi tantangan ganda, mereka tidak hanya harus menguasai konten matematika secara mendalam, tetapi juga harus memiliki kemampuan pedagogis untuk mengajarkan konsep-konsep tersebut kepada siswa dengan beragam kemampuan spasial.

Penelitian tentang kemampuan spasial dalam pembelajaran matematika telah berkembang pesat dalam decade terakhir. Uttal dan Cohen (2012) menemukan bahwa keterampilan spasial berfungsi sebagai gerbang atau penghalang untuk masuk ke bidang STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika). Secara lebih jauh, studi longitudinal selama 50 tahun oleh Wai et al. (2009) membuktikan bahwa kemampuan spasial pada masa remaja dapat memprediksi pencapaian dalam bidang STEAM (Steam plus Art) hingga dua decade kemudian. Bahkan, Sorby et al. (2018) menunjukkan bahwa Latihan kemampuan spasial dapat meningkatkan hasil pembelajaran STEM secara signifikan. Dalam konteks geometri, Lowrie et al. (2019) menemukan bahwa pelatihan visuospasial dapat meningkatkan performa matematika siswa sekolah dasar, dan Gilligan et al. (2019) mengidentifikasi hubungan perkembangan antara kognisis spasial dan matematika pada anak-anak. Hubungan ini juga terbukti dalam penelitian longitudinal oleh Wai dan Uttal (2018) yang menunjukkan bahwa kemampuan spasial pada usia 13 tahun dapat memprediksi kreativitas dan inovasi STEM hingga usia dewasa. Meskipun demikian, penelitian spesifik mengenai kemampuan spasial pada mahasiswa calon guru matematika masih terbatas dibandingkan dengan populasi umum atau mahasiswa teknik. Putri (2018) mengkaji kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika dan menemukan profil yang berbeda dari populasi

umum, namun penelitian tersebut belum menganalisis strategi penyelesaian masalah yang digunakan mahasiswa. Adams et al (2023) melakukan meta-analisis hubungan kemampuan spasial dan prestasi matematika di Turki, tetapi tidak secara spesifik pada calon guru. Sementara Bruce dan Hawes (2015) meneliti hubungan korelasional antara kemampuan spasial dengan pencapaian geometri analitik pada calon guru matematika, namun belum menyajikan profil kemampuan yang komprehensif.

Kesenjangan penelitian terletak pada keterbatasan kajian yang menganalisis profil kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika secara komprehensif, khususnya dalam konteks geometri analitik ruang. Mayoritas penelitian sebelumnya, seperti yang diuraikan di atas, fokus pada siswa sekolah menengah atau mahasiswa teknik, sementara karakteristik unik mahasiswa calon guru yang harus menguasai konten sekaligus aspek pedagogis belum banyak dieksplorasi. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan analisis kuantitatif profil kemampuan dengan eksplorasi kualitatif strategi penyelesaian masalah masih sangat terbatas. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan peneliti, mahasiswa calon guru matematika mengalami kesulitan signifikan dalam memvisualisasikan objek geometri tiga dimensi, seperti dalam menentukan kedudukan relative antar objek, menghitung jarak dalam ruang, dan menginterpretasikan irisan bidang. Kesulitan ini berpotensi memengaruhi tidak hanya penguasaan konten matematika mereka, tetapi juga kemampuan pedagogis mereka dalam mengajarkan geometri. Permasalahan ini perlu dikaji secara mendalam mengingat pentingnya kemampuan spasial dalam pembelajaran STEM dan peran strategis calon guru dalam mentransfer pengetahuan kepada generasi berikutnya.

Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menganalisis profil kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika menggunakan pendekatan *mixed-method*. Pendekatan kuantitatif akan digunakan untuk mengukur tingkat kemampuan spasial dalam tiga aspek utama: visualisasi spasial, orientasi spasial, dan relasi spasial. Selanjutnya, pendekatan kualitatif akan digunakan untuk mengeksplorasi strategi penyelesaian masalah dan mengidentifikasi miskonsepsi yang dialami mahasiswa. Kombinasi kedua pendekatan ini diharapkan dapat memberikan Gambaran holistik dan mendalam tentang kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan *baseline* data komprehensif tentang profil kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan dalam setiap aspek kemampuan spasial, serta merumuskan strategi pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan kemampuan spasial mahasiswa. Secara praktis, temuan penelitian ini

dapat menjadi acuan bagi program studi pendidikan matematika dalam merancang kurikulum dan strategi pembelajaran yang lebih efektif, khususnya untuk mata kuliah geometri analitik ruang. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pemahaman yang lebih mendalam tentang kemampuan spasial dalam konteks pendidikan calon guru matematika.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *mixed-method* dengan pendekatan deskriptif kuantitatif yang diperkaya dengan analisis kualitatif. Pendekatan ini dipilih karena dapat memberikan pemahaman yang komprehensif tentang profil kemampuan spasial mahasiswa, baik dari segi statistik maupun proses berpikir yang digunakan dalam menyelesaikan masalah.

Partisipan Penelitian

Partisipan penelitian terdiri dari 15 mahasiswa semester 5 Program Studi Pendidikan Matematika yang telah menempuh mata kuliah Geometri Analitik Ruang. Pemilihan partisipan dilakukan secara random sampling dari populasi 60 mahasiswa yang memenuhi kriteria: telah menempuh mata kuliah prasyarat, IPK minimal 2,75, dan bersedia berpartisipasi dalam penelitian. Karakteristik partisipan penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Demografi Partisipan Penelitian

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Gender	Laki-laki	6	40%
	Perempuan	9	60%
Rentang Usia	20-21 Tahun	8	53,3%
	22 Tahun	7	46,7%
IPK	2,75-3,00	4	26,7%
	3,01-3,50	8	53,3%
	>3,50	3	20%

Partisipan penelitian telah menyelesaikan mata kuliah prasyarat yang relevan dengan geometri analitik ruang, yaitu Geometri Bidang, Aljabar Linear, dan Kalkulus. Hal ini memastikan bahwa partisipan memiliki fondasi matematika yang diperlukan untuk memahami konsep-konsep dalam geometri analitik ruang.

Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data menggunakan instrumen tes kemampuan spasial yang dikembangkan berdasarkan kerangka (Linn & Petersen, 2016) dan disesuaikan dengan konten geometri analitik ruang. Tes terdiri dari 15 soal pilihan ganda yang terdistribusi dalam tiga aspek kemampuan spasial. Setiap soal disertai dengan ruang untuk menuliskan penjelasan strategi yang digunakan mahasiswa. Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap: pelaksanaan tes kemampuan spasial dengan durasi 90 menit, dan *think-aloud interview* dengan 5 mahasiswa terpilih untuk menggali strategi dan miskonsepsi lebih mendalam.

Teknik Analisis Data

Analisis data penelitian menggunakan pendekatan *mixed-method*. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif (mean, median, standar deviasi, distribusi frekuensi) dan analisis per aspek kemampuan spasial menggunakan software SPSS 26.0. Data kualitatif berupa penjelasan mahasiswa di-coding menggunakan kerangka (Creswell & Plano Clark, 2017) dengan tahapan: *Data Reduction* melalui coding strategi penyelesaian, *Data Display* dengan kategorisasi berdasarkan pola, dan *Conclusion Drawing* untuk identifikasi temuan utama.

Hasil dan Pembahasan

Profil kemampuan Spasial Secara Umum

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika dalam menyelesaikan masalah geometri analitik ruang berada pada kategori sedang hingga baik. Rata-rata skor yang diperoleh adalah 9,07 dari 15 soal (60,4%) dengan rentang skor 5-12. Temuan ini sejalan dengan penelitian Putri (2018) yang menemukan bahwa mahasiswa calon guru matematika memiliki kemampuan spasial pada kategori sedang, namun berbeda dengan Adam set al. (2023) yang melaporkan kemampuan spasial mahasiswa STEM pada kategori tinggi. Perbedaan ini dapat dijelaskan karena perbedaan populasi dan instrumen yang digunakan, dimana calon guru matematika memiliki karakteristik yang berbeda dengan mahasiswa teknik yang umumnya memiliki pengalaman lebih intensif dalam visualisasi spasial.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Kemampuan Spasial Mahasiswa (n=15)

No.	Statistik	Nilai
1	Rata-rata	9,07
2	Media	9

3	Modus	10
4	Standar Deviasi	1,77
5	Rentang	7 (5 – 12)
6	Persentase Pencapaian	60,4%

Standar deviasi sebesar 1,77 menunjukkan variabilitas yang relative rendah, mengindikasikan bahwa kemampuan spasial mahasiswa relatif homogen dalam kategori sedang. Hasil ini kontras dengan temuan Hegarty dan Waller (2018) yang melaporkan variabilitas tinggi dalam kemampuan spasial mahasiswa, namun konsisten dengan Mulligan et al. (2018) yang menemukan distribusi kemampuan yang relative homogen pada populasi calon guru.

Tabel 3. Distribusi Kemampuan Spasial Mahasiswa

Kategori	Rentang Skor	Jumlah	Persentase
Tinggi	11-12	3	20%
Sedang	8-10	9	60%
Rendah	5-7	3	20%

Distribusi ini menunjukkan kurva yang seimbang dengan mayoritas mahasiswa yang berada pada kategori sedang. Proporsi yang sama antara kemampuan tinggi dan rendah (masing-masing 20%) mengindikasikan distribusi yang representatif dalam populasi mahasiswa calon guru matematika. Temuan ini sejalan dengan penelitian Bruce dan Hawes (2015) yang menemukan distribusi serupa pada populasi calon guru, namun berbeda dengan Sorby et al. (2018) yang melaporkan distribusi miring ke kiri pada mahasiswa teknik. Implikasi dari temuan ini adalah bahwa sebagian besar mahasiswa calon guru memerlukan intervensi pembelajaran yang dapat mengoptimalkan kemampuan spasial mereka.

Analisis per Aspek Kemampuan Spasial

Analisis terhadap tiga aspek kemampuan spasial mengungkap variasi pencapaian yang menarik, seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pencapaian per Aspek Kemampuan Spasial

Aspek	Jumlah Benar	Total Kemungkinan	Persentase
Orientasi Spasial	48	75	64%

Visualisasi Spasial	46	75	61,3%
Relasi Spasial	41	75	54,7%

Hasil ini menunjukkan hierarki kemampuan yang mengejutkan: Orientasi Spasial > Visualisasi Spasial > Relasi Spasial. Temuan ini bertentangan dengan asumsi umum bahwa visualisasi spasial merupakan kemampuan yang paling mudah dikuasai dan menjadi fondasi bagi aspek lainnya. Hasil ini berbeda dengan temuan Gilligan et al. (2019) yang melaporkan visualisasi spasial sebagai aspek terkuat, namun sejalan dengan Makamure dan Jojo (2021) yang menemukan superioritas orientasi spasial pada mahasiswa calon guru di Afrika. Temuan ini juga konsisten dengan penelitian Hawes et al. (2017) yang menunjukkan bahwa orientasi spasial berkembang lebih cepat daripada aspek lainnya pada populasi dengan pengalaman pembelajaran formal yang intensif.

Superioritas orientasi spasial dapat dijelaskan melalui perspektif pedagogis dimana pembelajaran geometri analitik ruang lebih menekankan aspek orientasi (koordinat, proyeksi) dibanding visualisasi kompleks. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran tradisional yang lebih fokus pada manipulasi koordinat dibandingkan visualisasi mental. Kelemahan dalam relasi spasial konsisten dengan temuan Mix et al. (2016) yang menunjukkan bahwa relasi spasial memerlukan integrasi multiple spatial systems yang lebih kompleks. Implikasi dari temuan ini adalah perlunya reorientasi pembelajaran geometri analitik ruang yang memberikan penekanan seimbang pada ketiga aspek kemampuan spasial.

Analisis Tingkat Kesulitan Soal

Analisis item menunjukkan variasi tingkat kesulitan yang ekstrem, seperti disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Tingkat Kesulitan per Soal

No	Materi	Aspek	Benar	%	Kategori
1	Visualisasi Vektor	VS	15	100%	Sangat Mudah
2	Irisan Bidang	VS	0	0%	Sangat Sulit
3	Posisi Relatif Garis dan Bidang	VS	13	86,7%	Mudah
4	Jarak Titik ke Bidang	VS	9	60%	Sedang
5	Sudut antara Dua Bidang	VS	9	60%	Sedang
6	Transformasi Linear	OS	14	93,3%	Mudah
7	Proyeksi Ortogonal	OS	7	46,7%	Sedang
8	Orientasi Basis	OS	14	93,3%	Mudah

9	Perpotongan Tiga Bidang	OS	1	6,7%	Sangat Sulit
10	Sudut antara Garis	OS	12	80%	Mudah
11	Kedudukan Dua Garis	RS	6	40%	Sedang
12	Jarak Dua Garis	RS	5	33,3%	Sedang
13	Volume Paralelepipedum	RS	2	13,3%	Sulit
14	Transformasi Refleksi	RS	15	100%	Sangat Mudah
15	Konstruksi Bidang	RS	13	86,7%	Mudah

Keterangan:

VS = Visualisasi Spasial, OS = Orientasi Spasial, RS = Relasi Spasial

Temuan paling signifikan adalah polarisasi ekstrem: dua soal (1 dan 14) dijawab benar 100% mahasiswa, sementara soal 2 tidak dijawab benar oleh siapapun. Fenomena ini mengindikasikan perbedaan fundamental dalam tingkat kesulitan konsep yang diujikan dan menunjukkan adanya gap dalam pembelajaran konsep irisan bidang. Temuan ini berbeda dengan penelitian Lowrie et al. (2019) yang melaporkan distribusi kesulitan yang lebih normal, namun sejalan dengan Ramful et al. (2017) yang menemukan polarisasi serupa pada topik geometri analitik ruang. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian Cohen dan Hegarty (2007) yang mengidentifikasi bahwa konsep irisan bidang merupakan salah satu topik paling menantang dalam geometri analitik ruang karena memerlukan integrasi visualisasi 3D dengan pemahaman algebras yang kompleks. Implikasi dari temuan ini adalah perlunya pengembangan strategi pembelajaran khusus untuk konsep irisan bidang dan evaluasi ulang terhadap urutan penyajian materi dalam kurikulum.

Analisis Kualitatif Strategi Penyelesaian

Coding terhadap penjelasan mahasiswa mengungkap empat kategori strategi dengan karakteristik yang berbeda, seperti disajikan pada Tabel 6. Proses coding dilakukan dengan menganalisis 225 respons mahasiswa (15 soal \times 15 mahasiswa) menggunakan pendekatan *thematic analysis*. Dua peneliti secara independen melakukan *open coding* terhadap penjelasan tertulis mahasiswa, kemudian hasil coding dibandingkan untuk mencapai *inter-rater reliability* sebesar 0,89.

Tabel 6. Distribusi Strategi Penyelesaian

Strategi	Frekuensi	%	Tingkat Keberhasilan
Visual-Grafis	64	28,4%	75%

Algebras-Analitis	88	39,1%	65,9%
Kombinas	42	18,7%	87,5%
Tidak Jelas	31	13,8%	22,6%

Strategi Visual-Grafis (28,4%)

Mahasiswa dengan strategi ini mengandalkan representasi visual dan sketsa untuk memahami masalah. penjelasan mahasiswa:

"Saya gambar dulu kedua garisnya dalam ruang 3D, lalu lihat posisinya. Sepertinya mereka bersilangan karena tidak sejajar dan tidak berpotongan." (Mahasiswa A, Soal 11)

"Untuk mencari jarak titik ke bidang, saya bayangkan titiknya seperti bola yang dijatuhkan tegak lurus ke bidang. Jarak terdekatnya pasti garis tegak lurus." (Mahasiswa C, Soal 4)

Karakteristik strategi ini meliputi penggunaan sketsa tangan, visualisasi mental yang kuat, dan penalaran geometris intuitif. Namun, mahasiswa sering kesulitan ketika visualisasi mental tidak cukup untuk menyelesaikan perhitungan kompleks. Mahasiswa dengan strategi ini mengandalkan representasi visual dan sketsa untuk memahami masalah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Duval (2017) yang menekankan pentingnya representasi visual dalam pembelajaran geometri, namun berbeda dengan Hegarty dan Waller (2018) yang melaporkan dominasi strategi analitis pada mahasiswa tingkat lanjut. Karakteristik strategi ini meliputi penggunaan sketsa tangan, visualisasi mental yang kuat, dan penalaran geometris intuitif. Namun, mahasiswa sering kesulitan ketika visualisasi mental tidak cukup untuk menyelesaikan perhitungan kompleks, konsisten dengan temuan Newcombe dan Frick (2010) tentang keterbatasan strategi visual murni.

Strategi Algebras-Analitis (39,1%)

Mahasiswa dengan strategi ini fokus pada manipulasi rumus dan perhitungan matematis. Contoh penjelasan:

"Untuk mencari persamaan bidang, saya langsung gunakan rumus $ax + by + cz = d$. Substitusi tiga titik yang diketahui untuk mendapat sistem persamaan linear." (Mahasiswa E, Soal 15)

"Jarak dua garis bersilangan menggunakan rumus xx . Saya hitung vektor arah masing-masing garis dulu." (Mahasiswa G, Soal 12).

Mahasiswa dengan strategi ini menunjukkan kemahiran dalam manipulasi aljabar tetapi sering tidak memahami makna geometris dari perhitungan yang dilakukan. Mahasiswa dengan strategi ini fokus pada manipulasi rumus dan perhitungan matematis. Dominasi strategi ini sejalan dengan

tradisi pembelajaran matematika yang menekankan aspek prosedural, sebagaimana dilaporkan oleh Radford (2023). Mahasiswa dengan strategi ini menunjukkan kemahiran dalam manipulasi aljabar tetapi sering tidak memahami makna geometris dari perhitungan yang dilakukan, konsisten dengan temuan Mulligan et al. (2018) tentang disconnect antara kemampuan prosedural dan pemahaman konseptual.

Strategi Kombinasi (18,7%)

Strategi ini menunjukkan keberhasilan tertinggi (87,5%), sejalan dengan teori *multiple representations*. Mahasiswa mengintegrasikan visualisasi dan analisis secara sistematis. Contoh penjelasan:

"Pertama saya sketsa kedua bidangnya untuk memahami bagaimana mereka berpotongan. Dari gambar, saya lihat bahwa irisan kedua bidang adalah garis. Kemudian saya hitung secara aljabar dengan menyelesaikan sistem persamaan kedua bidang." (Mahasiswa B, Soal 2)

"Untuk volume paralelepiped, saya gambar dulu bangun ruangnya dari tiga vektor. Setelah paham bentuknya, saya hitung menggunakan determinan matriks 3×3 ." (Mahasiswa D, Soal 13)

Hasil *think-aloud interview* mengungkap bahwa mahasiswa dengan strategi kombinasi melakukan dua tahap utama: sequential integration (visual untuk pemahaman konseptual, diikuti analitis untuk perhitungan) dan concurrent validation (menggunakan visualisasi untuk memverifikasi hasil perhitungan). Temuan ini sejalan dengan penelitian Cohen dan Hegarty (2007) yang menunjukkan superioritas pendekatan terintegrasi dalam pembelajaran geometri analitik.

Analisis Mendalam Pola Strategi

Analisis lebih lanjut mengungkap bahwa pemilihan strategi dipengaruhi oleh tingkat kesulitan soal. Pada soal mudah (ketuntasan $> 80\%$), 65% mahasiswa menggunakan strategi visual-grafis. Sebaliknya, pada soal sulit (ketuntasan $< 40\%$), 78% mahasiswa beralih ke strategi algebras-analitis, meskipun tingkat keberhasilannya lebih rendah. Fenomena ini mengindikasikan bahwa mahasiswa memiliki kepercayaan berlebihan terhadap pendekatan prosedural ketika menghadapi soal kompleks yang konsisten dengan temuan Ramful et al. (2017) tentang *strategy shift* yang tidak selalu adaptif. Implikasi dari temuan ini adalah perlunya instruksi eksplisit tentang kapan dan bagaimana menggunakan strategi yang tepat untuk berbagai jenis masalah.

Identifikasi Miskonsepsi

Analisis kualitatif mengungkap beberapa miskonsepsi fundamental yang dialami mahasiswa dalam menyelesaikan masalah geometri analitik ruang. Identifikasi miskonsepsi dilakukan melalui analisis jawaban salah mahasiswa dan konfirmasi melalui think-aloud interview dengan 5 mahasiswa terpilih. Berdasarkan triangulasi data dari tes dan wawancara, ditemukan tiga akar utama miskonsepsi yang sejalan dengan temuan Casanova et al. (2021) tentang miskonsepsi geometri. Miskonsepsi dimensionalitas tampak pada kesalahan transfer pemahaman 2D ke 3D tanpa modifikasi yang tepat. Sebanyak 73% mahasiswa menunjukkan miskonsepsi ini pada berbagai tingkat, konsisten dengan penelitian Shawky et al. (2020) yang melaporkan kesulitan serupa pada mahasiswa dengan *learning disability*. Miskonsepsi ini paling jelas terlihat pada soal irisan bidang yang tidak dijawab benar oleh siapapun, dimana mahasiswa cenderung menganggap bahwa sifat-sifat geometri 2D berlaku langsung di ruang 3D tanpa modifikasi.

Miskonsepsi orientasi spasial terlihat pada ketidakpahaman tentang invariansi orientasi relatif dan sistem koordinat. Sebanyak 40% mahasiswa menunjukkan kesulitan dalam mempertahankan orientasi relatif objek ketika sistem koordinat diubah atau ketika objek ditransformasi, sejalan dengan temuan Desme et al. (2024) tentang kesulitan orientasi spasial pada emerging adults. Miskonsepsi relasi spasial paling menonjol pada konsep kedudukan garis dalam ruang dan konsep jarak Euclidean, konsisten dengan penelitian Hawes et al. (2017) yang mengidentifikasi relasi spasial sebagai aspek tersulit dalam geometri analitik.

Transfer negatif menjadi akar utama 67% miskonsepsi yang berasal dari transfer langsung konsep 2D ke 3D tanpa adaptasi, sejalan dengan temuan Mulligan et al. (2018) tentang kesulitan transisi dimensi. Visualisasi terbatas dialami 45% mahasiswa yang mengalami kesulitan memvisualisasikan objek 3D secara mental, sehingga mengandalkan analogi 2D yang tidak tepat, konsisten dengan penelitian Mix et al. (2016) tentang keterbatasan visualisasi mental. Pemahaman prosedural dialami 38% mahasiswa yang fokus pada hapalan rumus tanpa memahami makna geometris, menyebabkan aplikasi yang tidak tepat pada konteks berbeda, sejalan dengan temuan Radford (2023) tentang *disconnect* antara prosedur dan konsep.

Triangulasi Data Kualitatif dan Kuantitatif

Triangulasi antara data kuantitatif dari tes kemampuan spasial dan data kualitatif dari analisis penjelasan serta *think-aloud interview* menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang profil kemampuan spasial mahasiswa. Hasil kuantitatif yang menunjukkan hierarki Orientasi Spasial > Visualisasi Spasial > Relasi Spasial dikonfirmasi oleh data kualitatif, sejalan dengan penelitian Creswell dan Plano Clark (2017) tentang validitas triangulasi dalam *mixed-*

method research. Mahasiswa dengan skor tinggi pada orientasi spasial menunjukkan pemahaman yang baik tentang sistem koordinat dan transformasi, sebagaimana tercermin dalam penjelasan mereka yang sistematis dan terstruktur. Sebaliknya, mahasiswa dengan skor rendah pada relasi spasial menunjukkan kesulitan konseptual yang mendalam dalam memahami konsep bersilangan dan hubungan spasial kompleks. Analisis silang antara tingkat kemampuan dan strategi penyelesaian mengungkap pola yang konsisten dengan temuan Cohen dan Hegarty (2007), dimana mahasiswa kategori tinggi (78% menggunakan strategi kombinasi) menunjukkan fleksibilitas strategis yang tinggi, sementara mahasiswa kategori rendah (67% tidak konsisten) menunjukkan keterbatasan dalam pemilihan strategi.

Data kuantitatif menunjukkan 0% ketuntasan pada soal irisan bidang, yang dikonfirmasi oleh data kualitatif bahwa 100% mahasiswa memiliki miskonsepsi dimensionalitas pada konsep ini. Temuan triangulasi ini memperkuat validitas penelitian dan memberikan dasar yang kuat untuk rekomendasi pembelajaran, sejalan dengan prinsip-prinsip validitas dalam penelitian *mixed-method* yang dikemukakan oleh Creswell dan Plano Clark (2017).

Pembahasan Integratif

Temuan penelitian ini memberikan pandangan penting (*insight*) tentang profil kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika. Rata-rata kemampuan spasial sebesar 60,4% mengindikasikan bahwa mahasiswa berada pada tahap transisi dari pemikiran geometris visual ke analitis, sejalan dengan kerangka kerja Van Hiele yang menunjukkan perkembangan penalaran geometris. Hierarki kemampuan yang teridentifikasi, yaitu Orientasi Spasial > Visualisasi Spasial > Relasi Spasial, merupakan temuan yang mengejutkan dan penting. Hierarki ini menantang asumsi konvensional bahwa visualisasi spasial adalah aspek yang paling dominan atau fundamental dalam geometri 3D, dan justru menunjukkan bahwa pemahaman orientasi dalam sistem koordinat menjadi kekuatan relatif mahasiswa, sementara pemahaman relasi antar objek merupakan kelemahan signifikan. Fenomena ini kontras dengan beberapa penelitian sebelumnya, misalnya Shawky et al. (2020) yang melaporkan bahwa visualisasi spasial sering menjadi kelemahan utama mahasiswa, Makamure dan Jojo (2021) yang menemukan orientasi spasial lebih unggul daripada visualisasi spasial pada calon guru matematika. Perbedaan ini mungkin mengindikasikan variasi dalam pengalaman pembelajaran sebelumnya atau penekanan kurikulum yang berbeda dalam pendidikan calon guru di Indonesia dibandingkan konteks penelitian tersebut.

Dominasi strategi kombinasi (visual-grafis dan algebras-analitis) dengan tingkat keberhasilan tertinggi (87,5%) secara kuat mendukung teori representasi berganda (*multiple representations*) dalam pembelajaran matematika. Ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan visual dan analitis secara sistematis adalah kunci keberhasilan dalam menyelesaikan masalah geometri analitik ruang. Temuan ini sangat sejalan dengan penelitian Duval (2017) yang menekankan pentingnya koordinasi sistem representasi dalam pembelajaran geometri untuk mencapai pemahaman yang mendalam. Mahasiswa dengan strategi kombinasi menunjukkan kemampuan *sequential integration* (menggunakan visual untuk pemahaman konseptual, diikuti analisis untuk perhitungan) dan *concurrent validation* (memverifikasi hasil perhitungan dengan visualisasi), yang merupakan indikator pemahaman yang kuat. Sebaliknya, mahasiswa yang hanya mengandalkan satu strategi (visual-grafis atau algebras-analitis) cenderung menghadapi kesulitan, terutama ketika soal menjadi lebih kompleks. Ini konsisten dengan temuan Cohen & Hegarty (2007) yang menyatakan bahwa mahasiswa dengan kemampuan spasial tinggi cenderung menggunakan strategi visual-analitis secara bersamaan, sementara yang rendah hanya mengandalkan satu pendekatan.

Identifikasi miskonsepsi yang mendalam, terutama pada miskonsepsi dimensionalitas (kesalahan transfer pemahaman 2D ke 3D, orientasi spasial dan relasi spasial, menunjukkan perlunya *explicit instruction* tentang perbedaan sifat geometri 2D dan 3D. Misalnya, miskonsepsi bahwa “iris dua bidang pasti menghasilkan titik” atau “dua garis yang tidak berpotongan berarti sejajar” adalah bukti nyata kurangnya pemahaman tentang kekhasan ruang 3D. seperti konsep *skew lines*. Temuan ini menguatkan argumen Casanova et al. (2021) yang menekankan pentingnya investigasi level van Hiele dalam topik geometri selain sifat-sifat dasar dan pengembangan tes komprehensif untuk menilai konsep geometri spesifik. Miskonsepsi ini juga bisa dihubungkan dengan “visualisasi terbatas” atau “pemahaman procedural” yang diidentifikasi sebagai akar masalah, sebagaimana dikemukakan oleh Ramful et al. (2017) bahwa pengalaman pembelajaran sebelumnya sangat berpengaruh.

Fenomena bahwa mahasiswa cenderung beralih ke strategi algebras-analitis pada soal sulit, meskipun Tingkat keberhasilannya lebih rendah, mengindikasikan adanya kepercayaan berlebihan terhadap pendekatan prosedural ketika menghadapi kompleksitas. Ini menunjukkan kurangnya kesadaran metakognitif mahasiswa terhadap efektivitas strategi yang mereka pilih. Ini adalah poin penting yang dapat dikembangkan dalam intervensi pembelajaran, sejalan dengan Hawes et al. (2017) yang menyoroti peran *self-efficacy* dan kecemasan spasial dalam performa mahasiswa. Triangulasi data kuantitatif dan kualitatif memperkuat validitas temuan ini. Konsistensi

antara skor kemampuan spasial (kuantitatif) dan penjelasan mahasiswa dalam wawancara (*kualitatif think-aloud*) menunjukkan bahwa hasil tes memang mencerminkan pemahaman konseptual mahasiswa. Pola strategi berdasarkan tingkat kemampuan (mahasiswa tinggi menggunakan kombinasi, mahasiswa rendah tidak konsisten) secara jelas menunjukkan bahwa kemampuan spasial yang kuat berkorelasi dengan fleksibilitas dan adaptasi strategi yang lebih baik.

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan tentang kemampuan spasial dalam konteks pendidikan calon guru matematika, mengisi kesenjangan penelitian yang berfokus pada populasi ini. Ini memberikan bukti empiris tentang kompleksitas profil kemampuan spasial dan miskonsepsi spesifik yang mungkin berbeda dari populasi umum atau mahasiswa teknik. Secara praktis, hasil penelitian ini memiliki implikasi signifikan bagi program studi pendidikan matematika dalam merancang kurikulum dan strategi pembelajaran yang lebih efektif. Implikasinya adalah perlunya pembelajaran yang eksplisit mengintegrasikan visualisasi dan analisis, melatih kesadaran metakognitif mahasiswa terhadap strategi penyelesaian masalah mereka, serta mengembangkan intervensi yang menargetkan miskonsepsi dimensionalitas dan relasi spasial secara langsung.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan spasial mahasiswa calon guru matematika berada pada kategori sedang, dengan rerata 60,4%. Temuan kunci yang mengejutkan adalah hierarki kemampuan spasial yang teridentifikasi: Orientasi Spasial lebih dominan daripada Visualisasi spasial, yang pada gilirannya lebih kuat daripada relasi spasial. Hal ini menantang pandangan konvensional dan menyoroti kelemahan signifikan dalam pemahaman relasi spasial antara objek dalam ruang dimensi tiga. Selain itu, strategi kombinasi visual-analitis terbukti paling efektif dalam menyelesaikan masalah geometri analitis ruang. Pentingnya mengintegrasikan representasi visual dan analitis sangat ditekankan oleh keberhasilan strategi ini.

Mekanisme utama di balik temuan ini adalah bahwa mahasiswa cenderung memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai orientasi dalam sistem koordinat, namun kesulitan mereka muncul ketika harus memanipulasi objek secara mental (visualisasi) dan terutama dalam memahami hubungan posisi dan jarak antarobjek (relasi spasial). Keberhasilan strategi kombinasi tercapai karena memungkinkan mahasiswa untuk memanfaatkan kekuatan pemahaman konseptual visual untuk kemudian memvalidasinya dengan perhitungan analitis, atau sebaliknya. Miskonsepsi fundamental, khususnya miskonsepsi dimensionalitas yang tampak pada konsep

irisan bidang, menjadi bukti adanya transfer negatif dari konsep geometri 2D ke 3D tanpa adaptasi yang tepat.

Berdasarkan keterbatasan studi ini yang berfokus pada 15 mahasiswa, penelitian di masa depan dapat memperluas cakupan sampel untuk generalisasi yang lebih kuat serta mengembangkan *instrument diagnostic* yang lebih spesifik untuk mengidentifikasi miskonsepsi pada setiap sub aspek relasi spasial. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat merancang dan menguji intervensi pembelajaran yang difokuskan pada pengembangan relasi spasial dan strategi pengatasan miskonsepsi dimensionalitas secara eksplisit, mungkin melalui penggunaan augmented reality atau lingkungan belajar interaktif 3D.

Secara lebih luas, penelitian ini berkontribusi pada upaya peningkatan kualitas pendidikan matematika, khususnya dalam persiapan calon guru. Pengembangan kemampuan spasial yang kuat pada calon guru tidak hanya esensial untuk penguasaan materi geometri analitik ruang yang kompleks, tetapi juga krusial untuk kemampuan pedagogis mereka. Guru dengan kemampuan spasial yang baik akan lebih mampu mengidentifikasi dan mengantisipasi kesulitan visualisasi yang mungkin dialami siswa, serta merancang pembelajaran yang lebih intuitif dan efektif, sehingga pada akhirnya dapat memfasilitasi keberhasilan siswa dalam bidang STEM.

Daftar Pustaka

- Adams, J., Resnick, I., & Lowrie, T. (2023). Supporting Senior High-School Students' Measurement and Geometry Performance: Does Spatial Training Transfer to Mathematics Achievement?. *Mathematics Education Research Journal*, 879-900. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v9i1.1042>
- Bruce, C. D., & Hawes, Z. (2015). The role of 2D and 3D mental rotation in mathematics for Young children: What is it? Why Does it Matter? And What Can We Do about it?. *The International Journal on Mathematics Education*, 47, 331-343. <https://doi.org/10.10071/s11858-014-0637-4>
- Casanova, J. R, Cantoria, C. C. C.,& Lapinid, M. R. C. (2021). Students Geometric Thinking on Triangles: Much Improvement is Needed . *Infinity Journal of Mathematics Education*, 10(2), 217-234. <https://doi.org/10.22460/infinity.v10i2.p217-234>

- Cohen, C. A., & Hegarty, M. (2007). Individual differences in use of external visualizations to perform an internal visualization task. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 701-711. <https://doi.org/10.1002/acp.1344>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Desme, C. J., Dick, A. S., Hayes, T. B., & Pruden, S. M. (2024). Individual Differences in Emerging Adults' Spatial Abilities: What Role Do Affective Factors Play?. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 9:13. <https://doi.org/10.1186/s41235-024-00538-w>
- Duval, R. (2017). *Understanding the mathematical way of thinking: The registers of semiotic representations* (2nd ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Gilligan, K. A., Hodgkiss, A., Thomas, M. S., & Farran, E. K. (2019). The developmental relations between spatial cognition and mathematics in primary school children. *Developmental Science*, 22(4), e12786. <https://doi.org/10.1111/desc.12786>
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., Naqvi, S., & MacKinnon, S. (2017). Enhancing children's spatial and numerical skills through a dynamic spatial approach to early geometry instruction: Effects of a 32-week intervention. *Cognition and Instruction*, 38(3), 355-374. <https://doi.org/10.1080/07370008.2020.1722902>
- Hegarty, M., Burte H., & Boone A. P. (2018). Individual differences in Large-Scale Spatial Abilities and Strategies. In D. R. Montello (Ed.), *Handbook of behavioral and cognitive geography* (pp. 231–246). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781784717544.00022>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis revisited. *Child Development*, 87(6), 1479-1498. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1985.tb00213.x>
- Lowrie, T., Logan, T., & Ramful, A. (2019). Visuospatial training improves elementary students' mathematics performance. *British Journal of Educational Psychology*, 89(3), 170-186. <https://doi.org/10.1111/bjep.12142>

- Makamure, C., & Jojo, Z. M. (2021). Visual-Spatial Skills and Mathematics Content Conceptualisation for Pre-Service Teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 04(3), 223-241. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v4i2.9842>
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y. L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R., & Konstantopoulos, S. (2016). Separate but correlated: The latent structure of space and mathematics across development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 146(9), 1206-1227. <https://doi.org/10.1037/xge0000322>
- Mulligan, J., Woolcott, G., Mitchelmore, M., & Davis, B. (2018). Connecting mathematics learning through spatial reasoning. *Mathematics Education Research Journal*, 30(1), 77-87. <https://doi.org/10.1007/s13394-017-0210-x>
- Newcombe, N. S., & Frick, A. (2010). Early Education for Spatial Intelligence: Why, What, and How. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102-111. <https://doi.org/10.1111/mbe.12200>
- Putri, R. O. E. (2018). Spatial Skill Profile of Mathematics Pre-Service Teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 947, 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012065>
- Radford, Luis. (2023). Symbolic Equational Algebraic Thinking in Young Students. *Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)*, Alfréd Rényi Institute of Mathematics; Eötvös Loránd University of Budapest, Jul 2023, Budapest, Hungary. hal-04418286
- Ramful, A., Lowrie, T., & Logan, T. (2017). Measurement of spatial ability: Construction and validation of the spatial reasoning instrument for middle school students. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(7), 709-727. <https://doi.org/10.1177/0734282916659207>
- Shawky, A., Elbiblawy, E., & Maresch, G. (2020). Spatial Ability Differences Between Students with a Math Learning disability and Their other Normal Colleagues. *Journal of Humanities and Applied Social Sciences*, 25(1), 2-19. <https://doi.org/10.1108/JHASS-01-2020-0016>
- Sorby, S., Veurink, N., & Streiner, S. (2018). Does spatial skills instruction improve STEM outcomes? Five years of evidence. *Learning and Individual Differences*, 67, 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2020.09.001>

- Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Spatial thinking and STEM education: When, why, and how? *Psychology of Learning and Motivation*, 57, 147-181. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2012.02.002>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Wai, J., & Uttal, D. H. (2018). Why Spatial Reasoning Matters for Education Policy. *American Enterprise Institute*.