KEMAMPUAN SPASIAL, KOMPETENSI REPRESENTASI MEKANISME REAKSI, DAN PRESTASI KIMIA ORGANIK MAHASISWA CALON GURU KIMIA

Rahmita Burhamzah[1)]
[1)] Biologi, Universitas Pendidikan Ganesha, Bali, Indonesia
Email: rahmita@undiksha.ac.id

Abstract
Organic chemistry requires students to reason about three-dimensional molecular structures and to represent electron movement through curved-arrow notation. This study examined how spatial ability and representational competence in reaction mechanisms jointly predict organic chemistry achievement among pre-service chemistry teachers, and identified common errors in mechanism drawing. A correlational study involved 128 students of a chemistry education program. Spatial ability was measured with the Purdue Visualization of Rotations Test, representational competence with a 10-item mechanism test scored with an analytic rubric, and achievement with final examination scores, controlling for general chemistry grades. Hierarchical regression showed that prior knowledge explained 20.7% of the variance in achievement, spatial ability added 5.0%, and representational competence added a further 11.8% (total $R^2 = 0.374$). In the final model, the effect of spatial ability became non-significant ($\beta = 0.11$, $p = 0.141$), whereas representational competence was the strongest predictor ($\beta = 0.39$, $p < 0.001$). Bootstrap analysis confirmed a significant indirect effect of spatial ability through representational competence (B = 0.357, 95% CI [0.121, 0.634]). The most frequent errors were starting arrows from atoms or charges rather than electron pairs (55.5%) and skipping mechanistic steps (45.3%). These findings suggest that spatial ability supports organic chemistry learning mainly by enabling students to construct meaningful mechanistic representations.
Keywords: organic chemistry education; spatial ability; representational competence; reaction mechanisms; pre-service chemistry teachers.

Abstrak
Kimia organik menuntut mahasiswa bernalar tentang struktur molekul tiga dimensi dan merepresentasikan pergerakan elektron melalui notasi panah lengkung (*curved-arrow*). Penelitian ini menguji bagaimana kemampuan spasial dan kompetensi representasi mekanisme reaksi secara bersama-sama memprediksi prestasi kimia organik mahasiswa calon guru kimia, serta mengidentifikasi kesalahan umum dalam menggambar mekanisme reaksi. Penelitian korelasional ini melibatkan 128 mahasiswa program studi pendidikan kimia. Kemampuan spasial diukur menggunakan *Purdue Visualization of Rotations Test*, kompetensi representasi diukur dengan tes mekanisme 10 butir yang dinilai menggunakan rubrik analitik, dan prestasi diukur dari nilai ujian akhir, dengan nilai Kimia Dasar sebagai variabel kontrol. Regresi hierarkis menunjukkan bahwa pengetahuan awal menjelaskan 20,7% varians prestasi, kemampuan spasial menambah 5,0%, dan kompetensi representasi menambah 11,8% (R^2 total = 0,374). Pada model akhir, pengaruh kemampuan spasial menjadi tidak signifikan ($\beta = 0{,}11$; $p = 0{,}141$), sedangkan kompetensi representasi menjadi prediktor terkuat ($\beta = 0{,}39$; $p < 0{,}001$). Analisis *bootstrap* mengonfirmasi efek tidak langsung kemampuan spasial melalui kompetensi representasi (B = 0,357; 95% CI [0,121; 0,634]). Kesalahan yang paling sering muncul adalah memulai panah dari atom atau muatan, bukan dari pasangan elektron (55,5%), dan melompati langkah mekanisme (45,3%). Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan spasial mendukung pembelajaran kimia organik terutama karena memungkinkan mahasiswa membangun representasi mekanisme yang bermakna.
Kata Kunci: pendidikan kimia organik; kemampuan spasial; kompetensi representasi; mekanisme reaksi; calon guru kimia.

PENDAHULUAN

Kimia organik dikenal sebagai salah satu mata kuliah tersulit dalam kurikulum kimia di perguruan tinggi. Kesulitan ini tidak hanya disebabkan oleh banyaknya reaksi yang harus dipelajari, tetapi terutama oleh tuntutan untuk bernalar tentang entitas yang tidak terlihat, seperti distribusi elektron, muatan parsial, dan geometri molekul tiga dimensi (Graulich, 2015). Mahasiswa yang tidak mampu membangun penalaran tersebut cenderung menghafal reaksi sebagai daftar pereaksi dan produk, sehingga kesulitan ketika menghadapi reaksi yang belum pernah dipelajari.

Inti penalaran dalam kimia organik adalah mekanisme reaksi, yaitu penjelasan langkah demi langkah tentang bagaimana ikatan terputus dan terbentuk. Mekanisme reaksi direpresentasikan menggunakan notasi panah lengkung (*curved-arrow*), di mana setiap panah menggambarkan pergerakan sepasang elektron dari sumber yang kaya elektron (nukleofil) ke target yang miskin elektron (elektrofil). Notasi ini merupakan bahasa visual kimia organik. Namun, penelitian menunjukkan bahwa banyak mahasiswa menggunakan panah lengkung secara mekanis tanpa memahami makna kimianya. Bhattacharyya dan Bodner (2005) menemukan bahwa mahasiswa sering menggambar panah hanya untuk "sampai ke produk", tanpa mempertimbangkan apakah langkah yang diusulkan masuk akal secara kimia. Grove et al. (2012) bahkan melaporkan bahwa sebagian mahasiswa memilih tidak menggunakan panah sama sekali ketika diberi kebebasan.

Kemampuan menggunakan dan menafsirkan representasi tersebut disebut kompetensi representasi (*representational competence*). Kozma dan Russell (1997) menunjukkan bahwa ahli kimia mampu berpindah secara luwes antarrepresentasi dan menafsirkannya berdasarkan konsep yang mendasari, sedangkan pemula terikat pada ciri permukaan representasi. Kerangka DeFT dari Ainsworth (2006) menegaskan bahwa belajar dengan banyak representasi menuntut pemelajar memahami bentuk setiap representasi sekaligus hubungan antara representasi dan domain yang diwakilinya.

Faktor lain yang sering dikaitkan dengan keberhasilan dalam kimia organik adalah kemampuan spasial, yaitu kemampuan membayangkan, merotasi, dan memanipulasi objek secara mental. Kajian Harle dan Towns (2011) menyimpulkan bahwa kemampuan spasial berhubungan dengan prestasi kimia, terutama pada tugas yang melibatkan struktur tiga dimensi seperti stereokimia. Namun, Stieff (2007) menunjukkan bahwa mahasiswa yang lebih mahir dapat mengganti strategi rotasi mental (*mental rotation*) dengan strategi berbasis aturan diagrammatik, sehingga peran kemampuan spasial bergantung pada strategi yang digunakan. Hal ini memunculkan pertanyaan apakah kemampuan spasial berpengaruh langsung terhadap prestasi, atau bekerja melalui kemampuan membangun representasi yang tepat.

Sebagian besar penelitian tentang kemampuan spasial dan kompetensi representasi dilakukan secara terpisah dan pada mahasiswa jurusan kimia murni di Amerika Serikat dan Eropa. Penelitian yang menguji kedua variabel tersebut secara bersamaan dalam satu model, khususnya pada mahasiswa calon guru kimia di Indonesia, masih jarang. Padahal, calon guru kimia tidak hanya perlu menguasai kimia organik, tetapi juga harus mampu menjelaskan mekanisme reaksi kepada siswa, sehingga kompetensi representasi menjadi bagian dari pengetahuan konten pedagogis mereka.

Kajian Pustaka dan Model Penelitian

Kompetensi Representasi dalam Kimia Organik

Kompetensi representasi mencakup kemampuan menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena, menerjemahkan satu representasi ke representasi lain, menjelaskan mengapa suatu representasi tepat untuk tujuan tertentu, serta menghubungkan representasi dengan konsep yang mendasarinya (Kozma & Russell, 1997). Dalam kimia organik, notasi panah lengkung merupakan representasi yang paling menuntut karena tidak menggambarkan objek, melainkan proses, yaitu pergerakan elektron dari waktu ke waktu. Ferguson dan Bodner (2008) menunjukkan bahwa mahasiswa sering mampu menggambar panah yang benar untuk reaksi yang sudah dikenal, tetapi tidak dapat menjelaskan makna fisik panah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa ketepatan menggambar belum tentu mencerminkan pemahaman. Graulich (2015) menyebut kondisi ini sebagai "puncak gunung es": mahasiswa hanya melihat bagian representasi yang tampak dan tidak menyadari penalaran tentang elektron dan energi yang tersembunyi di bawahnya.

Kemampuan Spasial dalam Pembelajaran Kimia

Kemampuan spasial mencakup visualisasi spasial, rotasi mental, dan orientasi spasial. Harle dan Towns (2011) menemukan bahwa kemampuan spasial secara konsisten berhubungan dengan prestasi kimia, dengan hubungan yang lebih kuat pada tugas yang melibatkan struktur tiga dimensi. *Purdue Visualization of Rotations Test* merupakan salah satu instrumen yang paling banyak digunakan dalam penelitian pendidikan kimia untuk mengukur kemampuan rotasi mental (Bodner & Guay, 1997). Namun, hubungan antara kemampuan spasial dan prestasi tidak selalu bersifat langsung. Stieff (2007) menunjukkan bahwa mahasiswa yang sudah menguasai aturan representasi dapat menyelesaikan tugas stereokimia tanpa melakukan rotasi mental. Dengan demikian, kemampuan spasial dapat dipandang sebagai fondasi yang

 ISSN 3063-864X (E)

membantu pembentukan kompetensi representasi, yang pada gilirannya menentukan prestasi.

Model Penelitian

Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini mengajukan model ketika kemampuan spasial berpengaruh terhadap prestasi kimia organik baik secara langsung maupun secara tidak langsung melalui kompetensi representasi mekanisme reaksi, dengan pengetahuan awal sebagai variabel kontrol. Model ini memungkinkan pengujian apakah keterampilan disipliner (kompetensi representasi) memberikan kontribusi di luar kemampuan kognitif umum (kemampuan spasial) dan pengetahuan awal.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) menguji kontribusi kemampuan spasial dan kompetensi representasi mekanisme reaksi terhadap prestasi kimia organik setelah pengetahuan awal dikendalikan, (2) menguji apakah kompetensi representasi memediasi pengaruh kemampuan spasial terhadap prestasi, dan (3) mengidentifikasi jenis kesalahan yang paling sering dilakukan mahasiswa dalam menggambar mekanisme reaksi.

METODE PENELITIAN

Desain dan Partisipan

Penelitian ini menggunakan desain korelasional. Partisipan adalah 128 mahasiswa semester III Program Studi Pendidikan Kimia dari dua perguruan tinggi negeri di Indonesia (identitas institusi disamarkan) yang telah menyelesaikan mata kuliah Kimia Organik I pada semester ganjil 2025/2026. Partisipan terdiri atas 23 laki-laki (18,0%) dan 105 perempuan (82,0%). Seluruh partisipan telah menempuh mata kuliah Kimia Dasar I dan II.

Instrumen

Kemampuan spasial diukur menggunakan *Purdue Visualization of Rotations Test* (PVRT) versi 20 butir (Bodner & Guay, 1997). Dalam tes ini, peserta harus mengenali rotasi suatu objek tiga dimensi dan menerapkan rotasi yang sama pada objek lain. Skor berkisar antara 0 dan 20.

Kompetensi representasi mekanisme reaksi diukur menggunakan tes uraian 10 butir yang mencakup reaksi substitusi nukleofilik (SN1 dan SN2), eliminasi (E1 dan E2), adisi elektrofilik pada alkena, dan reaksi asam–basa. Untuk setiap butir, mahasiswa diminta menggambar mekanisme lengkap dengan notasi panah lengkung. Jawaban dinilai menggunakan rubrik analitik 0–4 yang mempertimbangkan ketepatan asal dan arah panah, muatan formal, kestabilan intermediet, dan kelengkapan langkah. Skor total dikonversi ke skala 0–100. Reliabilitas internal tes ini sebesar $\alpha = 0{,}91$. Dua penilai independen menilai 30% jawaban dengan kesepakatan antarpenilai sebesar 88%. Lima butir mekanisme juga dianalisis secara kualitatif untuk mengidentifikasi jenis kesalahan, mengacu pada kategori yang dilaporkan dalam penelitian terdahulu (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Grove et al., 2012).

Prestasi kimia organik diukur dari nilai ujian akhir Kimia Organik I (skala 0–100), dan pengetahuan awal diukur dari nilai akhir mata kuliah Kimia Dasar (skala 0–100). Keduanya diperoleh dari dokumen akademik dengan izin partisipan.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, korelasi Pearson, dan regresi linear hierarkis tiga tahap. Pengetahuan awal dimasukkan pada tahap 1, kemampuan spasial pada tahap 2, dan kompetensi representasi pada tahap 3. Asumsi regresi diperiksa melalui uji normalitas residual *Kolmogorov-Smirnov*, nilai Variance Inflation Factor (VIF) untuk multikolinearitas, dan statistik *Durbin-Watson* untuk independensi residual (Hair et al., 2019). Efek tidak langsung kemampuan spasial terhadap prestasi melalui kompetensi representasi diuji menggunakan 5.000 sampel *bootstrap*, dengan pengetahuan awal sebagai kovariat. Perbedaan jumlah jenis kesalahan antarkelompok kompetensi representasi diuji dengan ANOVA satu arah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Statistik Deskriptif dan Korelasi

Statistik deskriptif dan korelasi antarvariabel disajikan pada Tabel 1. Rata-rata skor kompetensi representasi sebesar 51,86 (SD = 18,60), yang menunjukkan bahwa mahasiswa rata-rata hanya mampu menggambar sekitar separuh mekanisme reaksi dengan benar. Seluruh variabel berkorelasi positif dan signifikan ($p < 0{,}01$). Kompetensi representasi memiliki korelasi tertinggi dengan prestasi ($r = 0{,}54$), sedangkan kemampuan spasial berkorelasi sedang dengan kompetensi representasi ($r = 0{,}37$) dan dengan prestasi ($r = 0{,}33$). Nilai skewness (−0,15 hingga 0,05) dan kurtosis (−0,41 hingga 0,04) menunjukkan distribusi yang mendekati normal.

Tabel 1. Statistik Deskriptif dan Korelasi antarvariabel

Variabel	M	SD	1	2	3
1. Kimia Dasar	72,00	8,51	—		
2. Spasial (0–20)	11,23	3,58	0,25∗	—	
3. Representasi	51,86	18,60	0,39∗∗	0,37∗∗	—
4. Prestasi	65,99	11,04	0,46∗∗	0,33∗∗	0,54∗∗

Catatan: n = 128; ∗ $p < 0{,}01$; ∗∗ $p < 0{,}001$. Sumber: Data, 2026

 ISSN 3063-864X (E)

Regresi Hierarkis

Hasil regresi hierarkis disajikan pada Tabel 2. Asumsi regresi terpenuhi: residual berdistribusi normal (*Kolmogorov-Smirnov*, Sig. = 0,200), tidak terdapat multikolinearitas (VIF 1,18–1,31), dan residual bersifat independen (*Durbin-Watson* = 2,26). Pada tahap 1, pengetahuan awal menjelaskan 20,7% varians prestasi, $F(1, 126) = 32,86$, $p < 0,001$. Penambahan kemampuan spasial pada tahap 2 meningkatkan varians yang dijelaskan sebesar 5,0%, $\Delta F(1, 125) = 8,35$, $p = 0,005$, dan kemampuan spasial berpengaruh signifikan ($\beta = 0,23$; $p = 0,005$). Penambahan kompetensi representasi pada tahap 3 meningkatkan varians yang dijelaskan sebesar 11,8%, $\Delta F(1, 124) = 23,35$, $p < 0,001$. Model akhir menjelaskan 37,4% varians prestasi, $F(3, 124) = 24,73$, $p < 0,001$.

Tabel 2. Hasil Regresi Hierarkis Prediktor Prestasi Kimia Organik

Prediktor	Tahap 1 β	Tahap 2 β	Tahap 3 β
Kimia Dasar	0,46**	0,40**	0,27**
Kemampuan spasial		0,23*	0,11
Kompetensi representasi			0,39**
R^2	0,207	0,257	0,374
ΔR^2	0,207**	0,050*	0,118**

Catatan: * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$. Sumber: Data, 2026

Temuan penting terlihat pada perubahan koefisien kemampuan spasial. Pada tahap 2, kemampuan spasial berpengaruh signifikan. Namun, setelah kompetensi representasi dimasukkan pada tahap 3, pengaruhnya turun menjadi tidak signifikan ($\beta = 0,11$; $p = 0,141$). Pola ini mengindikasikan adanya mediasi. Analisis *bootstrap* mengonfirmasi bahwa efek tidak langsung kemampuan spasial terhadap prestasi melalui kompetensi representasi signifikan ($B = 0,357$; $SE = 0,133$; 95% CI [0,121; 0,634]). Efek tidak langsung ini mencakup sekitar 50,3% efek total kemampuan spasial.

Kesalahan dalam Menggambar Mekanisme Reaksi

Analisis terhadap lima butir mekanisme menunjukkan bahwa 85,2% mahasiswa melakukan setidaknya satu jenis kesalahan, dengan rata-rata 1,88 jenis kesalahan per mahasiswa. Frekuensi setiap jenis kesalahan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Kesalahan dalam Menggambar Mekanisme Reaksi

Jenis kesalahan	n	%
Panah berawal dari atom/muatan, bukan dari pasangan elektron	71	55,5
Melompati langkah (langsung ke produk)	58	45,3
Muatan formal tidak seimbang setelah langkah reaksi	42	32,8
Arah panah terbalik (dari elektrofil ke nukleofil)	35	27,3
Mengusulkan intermediet yang tidak stabil	34	26,6

Catatan: satu mahasiswa dapat melakukan lebih dari satu jenis kesalahan. Sumber: Data, 2026

Jumlah jenis kesalahan berbeda secara signifikan antarkelompok kompetensi representasi, $F(2, 125) = 25,48$, $p < 0,001$. Mahasiswa pada sepertiga terbawah skor kompetensi representasi rata-rata melakukan 2,85 jenis kesalahan, kelompok tengah 1,66, dan sepertiga teratas 1,16. Hal ini menunjukkan bahwa bahkan mahasiswa dengan kompetensi representasi tertinggi pun masih melakukan rata-rata lebih dari satu jenis kesalahan.

Pembahasan

Temuan utama penelitian ini adalah bahwa kemampuan spasial berkontribusi terhadap prestasi kimia organik terutama secara tidak langsung, yaitu melalui kompetensi representasi mekanisme reaksi. Mahasiswa dengan kemampuan spasial yang lebih baik lebih mampu membangun representasi mekanisme yang tepat, dan kemampuan inilah yang berkaitan langsung dengan prestasi. Temuan ini sejalan dengan argumen Stieff (2007) bahwa kemampuan spasial tidak selalu digunakan secara langsung dalam penalaran kimia, karena mahasiswa dapat mengandalkan representasi diagrammatik. Dalam konteks mekanisme reaksi, kemampuan spasial membantu mahasiswa membayangkan arah serangan nukleofil, posisi gugus pergi, dan geometri intermediet, yang kemudian diterjemahkan ke dalam notasi panah lengkung. Dengan demikian, kemampuan spasial merupakan sumber daya kognitif, sedangkan kompetensi representasi merupakan keterampilan disipliner yang mengubah sumber daya tersebut menjadi penalaran kimia.

Temuan ini memiliki implikasi penting karena kemampuan spasial dan kompetensi representasi memiliki sifat yang berbeda. Kemampuan spasial relatif sulit diubah dalam waktu singkat, meskipun dapat dilatih (Harle & Towns, 2011). Sebaliknya, kompetensi representasi merupakan keterampilan disipliner yang dapat diajarkan secara eksplisit. Fakta bahwa kompetensi representasi menjelaskan 11,8% varians tambahan, bahkan setelah pengetahuan awal dan kemampuan spasial dikendalikan,

menunjukkan bahwa pembelajaran yang secara eksplisit melatih makna panah lengkung berpotensi meningkatkan prestasi semua mahasiswa, termasuk mereka yang kemampuan spasialnya rendah.

Pola kesalahan yang ditemukan menguatkan temuan penelitian terdahulu. Kesalahan yang paling sering, yaitu memulai panah dari atom atau muatan positif, menunjukkan bahwa mahasiswa belum memahami bahwa panah lengkung merepresentasikan pergerakan elektron, bukan pergerakan atom. Kesalahan ini sejalan dengan temuan Ferguson dan Bodner (2008) bahwa banyak mahasiswa memperlakukan notasi panah sebagai formalitas tanpa makna fisik. Kesalahan kedua terbanyak, yaitu melompati langkah, mencerminkan strategi "sampai ke produk" yang dilaporkan Bhattacharyya dan Bodner (2005). Kesalahan arah panah yang terbalik menunjukkan kebingungan dalam mengidentifikasi nukleofil dan elektrofil, yang juga ditemukan oleh Anzovino dan Bretz (2015) ketika mahasiswa mendefinisikan kedua konsep tersebut berdasarkan muatan, bukan berdasarkan ketersediaan elektron.

Bagi pendidikan calon guru kimia, temuan ini sangat relevan. Calon guru yang memperlakukan panah lengkung sebagai formalitas berisiko meneruskan pemahaman yang sama kepada siswanya, misalnya dengan mengajarkan reaksi organik sebagai hafalan. Kompetensi representasi bagi calon guru tidak hanya berarti mampu menggambar mekanisme yang benar, tetapi juga mampu menjelaskan makna setiap representasi kepada siswa yang baru mengenal konsep tersebut. Hal ini sejalan dengan pandangan Gilbert (2005) bahwa visualisasi merupakan keterampilan metakognitif yang perlu diajarkan secara eksplisit dalam pendidikan sains.

Secara teoretis, penelitian ini memperjelas hubungan antara kemampuan kognitif umum dan keterampilan disipliner dalam pembelajaran kimia. Kerangka DeFT (Ainsworth, 2006) menyatakan bahwa manfaat representasi bergantung pada kemampuan pemelajar memahami hubungan antara representasi dan domain yang diwakilinya. Temuan penelitian ini menambahkan bahwa kemampuan spasial merupakan salah satu prasyarat kognitif bagi pemahaman tersebut, tetapi tidak cukup dengan sendirinya. Mahasiswa dengan kemampuan spasial tinggi tetapi kompetensi representasi rendah tidak akan memperoleh manfaat penuh dari kemampuan spasialnya. Dengan kata lain, kompetensi representasi berfungsi sebagai jembatan antara kemampuan berpikir spasial dan penalaran kimia organik yang bermakna.

Implikasi dan Keterbatasan

Secara praktis, dosen kimia organik disarankan mengajarkan makna notasi panah lengkung secara eksplisit. Contohnya adalah meminta mahasiswa mengidentifikasi sumber elektron dan target elektron sebelum menggambar panah, memeriksa muatan formal setelah setiap langkah, dan menjelaskan mekanisme secara lisan kepada teman sebaya. Latihan dengan model molekul fisik atau perangkat visualisasi 3D dapat membantu mahasiswa dengan kemampuan spasial rendah membangun gambaran mental yang diperlukan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Desain korelasional potong lintang tidak memungkinkan kesimpulan kausal, sehingga model mediasi perlu diuji lebih lanjut dengan desain longitudinal atau eksperimen. Prestasi diukur dari nilai ujian akhir yang formatnya dapat berbeda antarinstitusi. Analisis kesalahan juga hanya didasarkan pada jawaban tertulis tanpa wawancara *think-aloud* yang dapat mengungkap penalaran di balik kesalahan.

Bagi program studi pendidikan kimia, temuan ini juga membuka peluang integrasi antara mata kuliah kimia organik dan mata kuliah pedagogi. Misalnya, dalam mata kuliah *microteaching* atau strategi pembelajaran kimia, calon guru dapat ditugasi merancang penjelasan mekanisme reaksi untuk siswa sekolah menengah, lengkap dengan antisipasi kesalahan yang mungkin muncul. Tugas semacam ini menuntut calon guru memahami makna notasi panah secara mendalam, karena mereka harus menjelaskannya dengan bahasa yang lebih sederhana. Penelitian lanjutan dapat menguji apakah tugas mengajarkan mekanisme kepada orang lain meningkatkan kompetensi representasi calon guru itu sendiri.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan spasial dan kompetensi representasi mekanisme reaksi sama-sama berkontribusi terhadap prestasi kimia organik mahasiswa calon guru kimia setelah pengetahuan awal dikendalikan. Namun, pengaruh kemampuan spasial terutama bersifat tidak langsung melalui kompetensi representasi. Kompetensi representasi merupakan prediktor terkuat prestasi dan menambah 11,8% varians yang dijelaskan. Sebagian besar mahasiswa masih melakukan kesalahan dalam menggambar mekanisme reaksi, terutama memulai panah dari atom atau muatan dan melompati langkah mekanisme.

Disarankan agar pembelajaran kimia organik di program studi pendidikan kimia memberikan perhatian eksplisit pada makna notasi panah lengkung dan penalaran mekanistik, bukan hanya pada hafalan reaksi. Latihan visualisasi spasial dapat diintegrasikan sebagai pendukung, terutama bagi mahasiswa dengan kemampuan spasial

rendah. Penelitian selanjutnya disarankan menguji intervensi pembelajaran kompetensi representasi secara eksperimental dan menggunakan wawancara *think-aloud* untuk memahami penalaran mahasiswa secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A Conceptual Framework for Considering Learning with Multiple Representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.

Anzovino, M. E., & Bretz, S. L. (2015). Organic Chemistry Students' Ideas about Nucleophiles and Electrophiles: The Role of Charges and Mechanisms. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 797–810.

Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005). "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82(9), 1402–1407.

Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The Purdue Visualization of Rotations Test. *The Chemical Educator*, 2(4), 1–17.

Ferguson, R., & Bodner, G. M. (2008). Making Sense of the Arrow-Pushing Formalism among Chemistry Majors Enrolled in Organic Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 102–113.

Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. Dalam J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9–27). Dordrecht: Springer.

Graulich, N. (2015). The Tip of the Iceberg in Organic Chemistry Classes: How Do Students Deal with the Invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9–21.

Grove, N. P., Cooper, M. M., & Rush, K. M. (2012). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 844–849.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Andover: Cengage Learning.

Harle, M., & Towns, M. (2011). A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 351–360.

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.

Stieff, M. (2007). Mental Rotation and Diagrammatic Reasoning in Science. *Learning and Instruction*, 17(2), 219–234.