

Editorial Team

EDITOR IN-CHIEF

- Assoc. Prof. Dr. Drs. Abubakar Ajalil, M.Si, SCOPUS
ID. [58634461600](#), Universitas Serambi Mekkah, Indonesia

MANAGING EDITOR

- Dr. Dian Aswita, S.Pd, M. Pd, Universitas Negeri Makasar, ID SCOPUS
: [57202957850](#), Indonesia

SECTION EDITORS

- Prof. Dr. Magdalena Mo Ching Mok, M. Ed, Educational University of Hongkong, ID SCOPUS 7006024212, Hong Kong
- Dr. Asriani, S. Pd., M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, Indonesia
- Dr. Hj. Rani Siti Fitriani, S.S., M. Hum, Universitas Pasundan, Bandung, Indonesia
- Dr. Wahyu Khafidah, S.Pd.I, MA, Serambi Mekkah University, Indonesia
- Dr. Usman Effendi, S.Sos., MM, Universitas Persada Indonesia YAI Jakarta, Indonesia, Indonesia
- Dr. Arfriani Maifizar S,E, M.Si., Universitas Teuku Umar Aceh Barat, Indonesia, ID SCOPUS [57210744149](#), Indonesia
- Zhao Jing, M. ED, Gizhou Education University, China, China
- Nurlaili Ramli, S. SiT., MPH, Health Polytechnic of the Ministry of Health in Aceh, Aceh Besar. ID SCOPUS [57195919249](#), Indonesia
- Zaiyana Zaiyana Putri, Universitas Serambi Mekkah, ID SCOPUS [57211267424](#), Indonesia
- Fitri Wulandari, S.Pd., M. Hum, Universitas Islam Riau, ID SINTA 6704089, Indonesia
- JUNAIDI S, PD., M.PD., Universitas Serambi Mekkah, Indonesia
- Said Ali Akbar, S. Pd., M. Si, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh ID SCOPUS [57190374979](#), Indonesia

- Muhammad Fajrin Pane, SH.I., M. Hum, Politeknik Tanjung Balai, Sumatera Utara, Indonesia
- Anita Noviyanti, S. Pd., M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia, ID SCOPUS [57219092073](#), Indonesia
- Drs. Burhanuddin AG., M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, Aceh Indonesia, ID SCOPUS [57219343469](#), Indonesia
- Drs. Jailani, M. Pd, Universitas Serambi Mekkah ID SCOPUS [57219098536](#) Indonesia
- Drs. Ridhwan Ismail, M. Pd, Universitas Serambi Mekkah ID SCOPUS [57219091724](#), Indonesia
- Dr. Hj. Israwati, M. Si, Universitas Syiah Kuala, ID SCOPUS [57211263956](#), Indonesia
- Dr. Hafidh Maksum, S. Pd., M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, ID Sinta 5984598, Indonesia
- Drs. Anwar S. Pd., M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh ID SCOPUS [58634699300](#), Indonesia
- Drs. Muhammad Isa, M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, Aceh ID SCOPUS [57205735891](#), Indonesia
- Prof. Mahendran, P.hD, Universitas Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
- Dr. J. Karthikeyan, Ph.D, National College, Tiruchirappali, India
- Sophia Manning, Ph.D, Kean University New Jersey, USA
- Dra. Hj. Ismawirna, M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, [ID SCOPUS](#), Indonesia
- Dra. Hj. Armi, M. Si, Universitas Serambi Mekkah, ID SCOPUS [57219094630](#), Indonesia
- Muhammad Aulia, S.Pd., MTSOL.,MA.(Res)., Ph.D. ID Scopus ID [58785862800](#) Universitas Syiah Kuala, Indonesia
- Septhia Irnanda, S.Pd., M.Tsol., Ph.D, ID Scopus [57209573672](#), Universitas Serambi Mekkah, Indonesia
- Dr. Soetam Rizky Wicaksono, M.M, ID Scopus [57209459047](#), Machung University, Indonesia
- Dr. Lutfi Yondri, M.Hum. ID Scopus [24391756000](#), Kajian Budaya dan Arkeologi Indonesia
- Kamarullah, S. Pdi., M. Pd, Universitas Muhammadiyah Mahakarya Aceh, ID Scopus [58577051200](#), Indonesia
- Teuku Afriliansyah, Universitas Bumi Persada, ID Scopus [57200726172](#), Indonesia
- Suci Maulina, S. Pd., MA, Universitas Jabal Ghafur, ID Scopus [57204472764](#), Indonesia

- Dr. Cut Nya Dhin, S. Pd., M. Pd, Universitas Islam Ar-Raniry, Banda Aceh, Indonesia
- Dr. Faisal, S. Pd, M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, ID Scopus 57463331900, Indonesia

WEB AND OJS MANAGER

- Dr. Munawir Munawir, ST., MT, Universitas Serambi Mekkah, ID SCOPUS [57194214483](#) Indonesia

ADMINISTRATOR OFFICE TEAM

- Dra. Ismawirna M. Pd, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia. ID. SCOPUS 57463492600,. ID SINTA 6167918, Indonesia
- Dra. Armi M, Si, Universitas Serambi Mekkah, Aceh. Indonesia ID SCOPUS [57219094630](#), Indonesia
- Said Ali Akbar, S. Pd., M. Si, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh ID SCOPUS 57190374979, Indonesia

ENGLISH LANGUAGE ADVISORS

- Septhia Irnanda, S.Pd., M.Tsol., Ph.D, Universitas Serambi Mekkah, Aceh ID SCOPUS 5720957372, Indonesia
- Sabrina, S. Pd., M. Appling., M. Tran, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia
- Muhammad Aulia, S.Pd., MTSOL.,MA.(Res)., Ph.D, Syiah Kuala University, Aceh, ID SCOPUS, [58785862800](#), Indonesia
- Zaiyana Putri, S. Pd, M. Pd, P. hD. Universitas Serambi Mekkah, Aceh Indonesia

LAYOUT EDITORS

- Samsuddin Samsuddin, Program Studi Teknik Komputer – Universitas Serambi Mekkah
- Dr. Hj. Elvitriana, Universitas Serambi Mekkah, Indonesia
- Firdaus, Designer Grafis Zoom Printing, Aceh, Indonesia

PROOFREADERS

- Prof. Dr. Asnawi Abdullah, BSc.PH, MHSM, MSc.HPPF, DLSHTM, Ph.D, Universitas Muhammadiyah, Aceh, ID SCOPUS : 57202957850, Indonesia
- Ery Utomo, P.hD, Universitas Negeri Jakarta
- Muslem Daud, S. Ag., M. Ed., Ph.D, Universitas Serambi Mekkah, Aceh, Indonesia, Indonesia

- Dr. Faradiba Sari Harahap, S. Pd., M. Pd, Politeknik Tanjung Balai, Sumatera Utara, Indonesia
- Dr. Muhammad Subhan, Ph.D., M.Sc., B.Eng., MLogM, Aff.M.ASCE, King Abdul Aziz University, Saudi Arabia
- Muhammad Aulia, S.Pd., MTSOL, MA.(Res)., Ph.D, Syiah Kuala University, Aceh, ID SCOPUS [58785862800](#), Indonesia
- Exkarach Denang, M. Ed., Ph.D, Udom Tani University, Thailand
- Sabrina, S. Pd., M. Appling., M. Tran, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Indonesia
- Prof. Yunisrina Qismullah Yusuf, S. Pd., M. Ed., Ph.D, Universitas Syiah Kuala, Aceh, ID SCOPUS : [55351138500](#), Indonesia
- Dr. H. Muhammad Alfatih Suryadilaga, S.Ag., M. Ag, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Depok, Indonesia
- Sukri Adani, S. Pd., M. Pd, STKIP Muhammadiyah Abdiya, ID Sinta 5984339, Indonesia



Pembelajaran Reaksi Substitusi Nukleofilik Organik Berbasis Visualisasi-3d Untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial

Dessi Nur Adiska¹, Syarifah Yanti², Rauzatur Rahmi³, Ismiaty⁴

¹Dessi Nur Adiska is Lecturer of Serambi Mekkah University, Banda Aceh, Indonesia

Email. dessinuradiska@serambimekkah.ac.id

²Syarifah Yanti is Lecturer of Ubudiyah Indonesia University, Banda Aceh, Indonesia

Email. syarifahyanti@uui.ac.id

³Rauzatur Rahmi is Lecturer of Serambi Mekkah University, Banda Aceh, Indonesia

Email. rauzaturrahmi@serambimekkah.ac.id

⁴Ismiaty is Lecturer of Ubudiyah Indonesia University, Banda Aceh, Indonesia

Email. ismiaty@uui.ac.id

Abstrac

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pembelajaran menggunakan media visualisasi-3D pada materi reaksi substitusi nukleofilik untuk meningkatkan kemampuan spasial. Metode penelitian yang digunakan adalah *quasi experiment* dengan *pretest and posttest design*. Penelitian ini melibatkan 68 mahasiswa yang terdiri dari 37 mahasiswa universitas A dan 31 mahasiswa universitas B yang berada di Jawa Barat. Data yang diperoleh akan diolah menggunakan uji normalitas, homogenitas, signifikansi, dan N-gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan media visualisasi-3D pada materi reaksi substitusi nukleofilik dapat meningkatkan kemampuan spasial pada kedua universitas. Peningkatan tertinggi kemampuan spasial mahasiswa mencapai kategori tinggi di universitas A, namun di universitas B tergolong kategori sedang; masing-masing pada indikator visualisasi spasial dan hubungan spasial.

Keywords ;kemampuan-spasial, visualisasi-3D, reaksi-substitusi nukleofilik.

INTRODUCTION

Kemampuan spasial mahasiswa merupakan salah satu kemampuan yang sangat penting dikembangkan untuk menghasilkan mental agar mampu merotasikan dan mengubah gambar visual. Selain itu, kemampuan spasial merupakan representasi kognitif (visualisasi spasial, orientasi spasial, dan hubungan spasial) yang paling penting untuk dikembangkan dalam proses pembelajaran agar memudahkan mahasiswa memahami konsep kimia (Benbow,

Lubinski, & Park, 2013). Memahami penalaran spasial tiga dimensi dan struktural, membantu mahasiswa memahami dan memprediksi kereaktifan kimia dan sifat fisik senyawa kimia (Stieff dkk, 2005). Menghubungkan representasi simbolik molekul dalam dua dimensi untuk memvisualisasikan molekul tiga dimensi merupakan tugas kompleks mahasiswa yang membutuhkan kemampuan spasial tinggi (Wu & Shah, 2004). Peningkatan kemampuan spasial menyebabkan pemahaman yang lebih mendalam pada konsep kimia, mahasiswa dengan nilai spasial yang tinggi secara signifikan lebih baik saat menjawab pertanyaan yang membutuhkan keterampilan pemecahan masalah, seperti menyelesaikan reaksi atau menguraikan tahapan langkah sintesis dan pertanyaan yang mengharuskan mahasiswa secara mental memanipulasi molekul dari representasi dua dimensi (Barke, 1993; Bodner & McMillen 1986; Pribyl & Bodner 1987).

Salah satu materi yang membutuhkan kemampuan spasial yaitu kimia organik, karena menuntut mahasiswa agar memahami representasi seperti persepsi spasial tentang pemahaman ruang dan penataan senyawa organik (Hornbuckle dkk, 2014). Selain itu, kimia organik juga menuntut agar mahasiswa dapat memahami molekul tiga dimensi dari bentuk molekul dua dimensi, membayangkan bagaimana suatu objek muncul dari perspektif yang berbeda, dan memvisualisasikan efek operasi seperti rotasi, refleksi, serta inversi (Barnea & Dori, 1999; Wu & Shah, 2004). Di sisi lain, Abraham dkk (2010) menyatakan bahwa kemampuan spasial penting bagi mahasiswa dalam memahami konsep-konsep kimia organik seperti reaksi substitusi nukleofilik bimolekuler (S_N2), kiralitas, dan stereokimia. Hasil tes diagnostik yang dilakukan oleh Rinaningsih (2014), menunjukkan bahwa 15% mahasiswa kesulitan memahami pengertian reaksi substitusi, 65% elektronegatifitas, 48% substitusi nukleofilik bimolekuler (S_N2), dan 83% substitusi nukleofilik unimolekuler (S_N1), serta mahasiswa kesulitan membedakan mekanisme reaksi substitusi nukleofilik unimolekuler (S_N1) dan substitusi nukleofilik bimolekuler (S_N2) sebanyak 56%.

Pembelajaran menggunakan program komputer berpotensi meningkatkan kemampuan mahasiswa kimia untuk memvisualisasikan molekul dalam tiga dimensi (Appling & Peake, 2004). Penggunaan program komputer seperti aplikasi *chemdraw* dapat membantu dosen untuk membuat mahasiswa lebih terlibat dalam proses pembelajaran dan meningkatkan kemampuan mahasiswa untuk memahami kimia yang lebih baik. Kimia menjadi topik yang menantang bagi beberapa mahasiswa, karena memerlukan penguasaan konsep abstrak yang penting dalam memahami struktur molekul, sifat fisik, dan transformasi kimia yang kompleks (Bharathy, 2015; Raiyn & Rayan, 2015). Efektivitas belajar dengan simulasi tiga dimensi dibandingkan ilustrasi dua dimensi menggunakan

program komputer dengan versi yang berbeda dapat menurunkan beban kognitif, sehingga mendukung pembelajaran aktif (Urhahne dkk, 2009).

METHOD

Desain Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah *quasi experiment* yaitu dengan *pretest and posttest design* (Wiersma & Jurs, 2009). Design ini digunakan karena penelitian dilakukan pada kelompok yang tidak diambil secara acak tetapi peneliti mengambil sampel secara utuh dan untuk kelompok sampel telah ditentukan terlebih dahulu oleh peneliti. Penelitian ini dilaksanakan pada satu kelompok saja yaitu kelompok eksperimen tanpa menggunakan kelompok kontrol atau kelompok pembanding. Skema *pretest and posttest design* ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 1.
Design Penelitian

Pretest	Perlakuan	Posttest
O1	X	O2

Keterangan :

O1: *pretest* untuk mengukur kemampuan awal mahasiswa

X : perlakuan yang diberikan yaitu pembelajaran berbasis visualisasi-3D

O2: *posttest* untuk mengukur kemampuan akhir mahasiswa

Lokasi dan Sampel Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Program Studi Kimia di dua universitas provinsi Jawa Barat. Sampel penelitian adalah mahasiswa semester genap yang mengontrak perkuliahan kimia organik 1 program studi kimia. Jumlah mahasiswa yang terlibat di Universitas A sebanyak 37 mahasiswa, serta universitas B sebanyak 31 mahasiswa. Teknik penentuan sampel dilakukan dengan *purposive sampling* karena penelitian dilakukan pada mahasiswa yang akan mengambil perkuliahan kimia organik mengenai mekanisme reaksi substitusi nukleofilik. Digunakan dua universitas karena ingin melihat apakah dengan perbedaan pengetahuan awal yang dimiliki, pembelajaran menggunakan media visualisasi-3D dapat berpengaruh atau tidak terhadap kemampuan spasial.

1. Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini yaitu tes tertulis berupa pilihan ganda beralasan yang terdiri dari 9 soal untuk mengukur kemampuan spasial

mahasiswa dan angket yang terdiri dari 13 pernyataan untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terhadap pembelajaran yang dilakukan.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes (pretest dan posttest) untuk mengukur peningkatan kemampuan spasial sebelum dan setelah perlakuan, serta angket untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap pembelajaran menggunakan visualisasi 3D.

3. Teknik Analisis Data

Tahapan analisis data yang dilakukan diantaranya adalah uji normalitas, homogenitas, signifikansi, dan n-gain.

HASIL PENELITIAN

Data skor pretes dan postes yang diperoleh dari hasil penelitian kemampuan spasial selanjutnya akan dilakukan uji normalitas, uji homogenitas, uji signifikansi, dan uji n-gain. Uji normalitas, homogenitas, dan signifikansi dilakukan sebagai uji prasyarat untuk mengetahui apakah data tergolong kedalam uji parametrik atau non parametrik. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2
Hasil Uji Prasyarat Kemampuan Spasial Mahasiswa Universitas A dan B

Data	N	Rerata	Normalitas	Homogenitas	signifikansi
Pretes Universitas A	37	71.65	Normal	Homogen	H ₀ ditolak (perbedaan signifikan)
Postes Universitas A		82.77	Tidak normal		
Pretes Universitas B	31	35.19	Normal	Tidak homogen	H ₀ ditolak (perbedaan signifikan)
Postes Universitas B		51.39	Normal		

Sumber Data: Hasil Penelitian 2020

Uji normalitas menggunakan statistik tipe *shapiro-wilk* hal ini karena jumlah data dibawah 50 ($N < 50$), dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Berdasarkan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretes dan postes pada kedua universitas karena nilai *sig.* $< 0,05$, artinya penggunaan media visualisasi-3D dapat meningkatkan kemampuan spasial mahasiswa baik pada universitas A maupun B. Selain itu, hasil uji N-Gain secara keseluruhan pada kemampuan spasial dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3
Hasil Hitung N-gain Kemampuan Spasial Universitas A dan B

Universitas	N	Rerata Postes	Rerata Pretes	Rerata N-gain %	Simpulan
A	37	82,77	71,65	41	Sedang
B	31	51,39	35,19	25	Rendah

Sumber Data: Hasil Penelitian, 2020

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan media visualisasi-3D dapat meningkatkan kemampuan spasial mahasiswa, secara keseluruhan universitas A memperoleh nilai N-gain sebesar 41% dan universitas B 25%. Selain itu, uji N-gain juga dilakukan pada tiap indikator kemampuan spasial terdiri dari dua indikator yang disajikan dalam tabel 4:

Tabel 4
Peningkatan N-gain Perindikator Kemampuan Spasial

Indikator	Soal	Universitas A		Universitas B	
		N-gain (%)	Simpulan	N-gain (%)	Simpulan
Visualisasi spasial	1,2,3,5,6,7,8,9	40	Sedang	24	Rendah
Hubungan spasial	4	24	Rendah	32	Sedang

Sumber : Hasil Penelitian 2020

Tabel 4 menunjukkan bahwa Indikator visualisasi spasial untuk universitas A memperoleh nilai N-gain sebesar 40% dan universitas B sebesar 24%. Adapun indikator hubungan spasial universitas A dan B memperoleh nilai sebesar 24% dan 32%.

PEMBAHASAN

1. Kemampuan Spasial

Berdasarkan rerata pretes dan postes kedua universitas memperoleh peningkatan kemampuan spasial setelah diberikan perlakuan. Secara keseluruhan universitas A memperoleh nilai N-gain sebesar 41% dan universitas B 25%. Hal ini menunjukkan bahwa, dengan adanya penerapan media visualisasi-3D masing-masing mahasiswa dapat melihat penataan atom-atom dalam ruang secara akurat. Selain itu juga, mahasiswa dapat mengoperasikan rotasi atau

refleksi molekul, sehingga sangat membantu mahasiswa melatih kemampuan spasial.

Indikator visualisasi spasial untuk universitas A memperoleh nilai N-gain sebesar 40% dan universitas B sebesar 24%. Adapun indikator hubungan spasial universitas A dan B memperoleh nilai sebesar 24% dan 32%. Hal ini karena tugas yang diukur pada indikator hubungan spasial terkait rotasi dan refleksi lebih mudah dibandingkan dengan tugas yang diukur pada indikator visualisasi spasial. Hal ini sesuai pendapat (Stull, dkk, 2012) bahwa, visualisasi spasial, merupakan kemampuan untuk memahami objek tiga dimensi dari representasi dua dimensi (dan sebaliknya), orientasi spasial, merupakan kemampuan untuk membayangkan seperti apa representasi tiga dimensi dari perspektif yang berbeda, dan hubungan spasial, merupakan kemampuan untuk melihat efek dari operasi refleksi, rotasi atau inversi.

Kemampuan awal mahasiswa universitas A lebih baik, sehingga indikator visualisasi spasial memperoleh nilai yang lebih tinggi dibandingkan universitas B. Selanjutnya indikator hubungan spasial universitas B memperoleh peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan universitas A karena tugas yang diukur lebih mudah dibandingkan visualisasi spasial. Hal ini didukung oleh (Setyarini, 2017), bahwa tugas pada hubungan spasial yang diukur tidak terlalu kompleks dibandingkan visualisasi spasial. Akibat adanya media visualisasi-3D memudahkan mahasiswa memahami soal terkait dengan indikator visualisasi spasial yang dianggap lebih sulit dibandingkan dengan indikator hubungan dan orientasi spasial.

2. Tanggapan Mahasiswa Terhadap Pembelajaran Menggunakan Media Visualisasi-3D

Hasil tanggapan mahasiswa mengenai kelebihan terhadap pembelajaran berbasis media visualisasi-3D yaitu pembelajaran yang dilakukan membantu mahasiswa memahami bentuk molekul 3D secara langsung tanpa harus membayangkan, penyampaian materi sudah jelas dan dapat dipahami oleh mahasiswa, menggunakan media dapat menentukan konfigurasi absolut sehingga memudahkan dalam membedakan produk rasemik dan inversi, dan dengan menggunakan video mahasiswa dapat mengulang bagian yang belum dipahami. Hal ini sesuai dengan (Springer, 2014), siswa yang diberikan visualisasi lebih baik pada tes yang dirancang untuk mengukur kemampuan spasial dan struktur molekul ketika diberikan model tiga dimensi, baik itu model fisik atau fotonya, model komputer, daripada jika mereka diberikan gambar dua dimensi yang lebih abstrak.

Sedangkan kekurangan berdasarkan tanggapan mahasiswa terhadap pembelajaran yang dilakukan yaitu proses pembelajaran hanya terjadi satu arah, dimana mahasiswa tidak dapat bertanya secara langsung pada materi yang kurang dipahami dan adanya kendala saat mengunduh video yang di upload pada *google classroom*. *Google cassroom* merupakan aplikasi yang dapat membantu dalam proses pembelajaran daring, meskipun terdapat kendala saat mengunduh hal tersebut bukan kendala yang ditimbulkan oleh *google classroom*. Aplikasi ini bisa diperoleh secara gratis dengan mendaftar pada akun *goolge*. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang dilakukan dapat membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi yang dipelajari meskipun terdapat beberapa kendala.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan terhadap hasil penelitian, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan spasial di capai mahasiswa pada kategori sedang. Pada indikator visualisasi spasial capaian mahasiswa pada universitas A lebih baik dibandingkan universitas B, namun pada indikator hubungan spasial sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa, penggunaan media visualisasi-3D dapat meningkatkan kemampuan spasial mahasiswa di kedua universitas.
2. Tanggapan mahasiswa bahwa kelebihan pembelajaran yang dilakukan adalah lebih mudah dalam memahami materi, video dapat diulang jika ada hal yang belum jelas; sedangkan kekurangannya ada kendala internet saat mengunduh video pada *google classroom* dan pembelajaran hanya terjadi satu arah.

REFERENCES

- Abraham, M., Varghese, V., & Tang, H. (2010). Using molecular representations to aid student understanding of stereochemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 87(12), 1425–1429.
- Appling, J. R., & Peake, L. C. (2004). Instructional technology and molecular visualization. *Journal of science education and technology*, 13(3), 361-365.
- Barke, H. D. (1993). Chemical education and spatial ability. *Journal of Chemical Education*, 70, 968–971.
- Barnea, N., & Dori, Y. J. (1999). High-school chemistry students performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 8, 257–271.
- Bharathy, J. B. (2015). Importance of Computer Assisted Teaching & Learning Methods for Chemistry. *Science*, 3(4), 11-16.
- Benbow, C., Lubinski, D., & Park, G. (2013). Recognizing spatial ability. *Scientific American*.

- Bodner, G. M., & McMillan, T. L. B. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 727-737.
- Bodner, G., & Pribyl J. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 229-240.
- Hornbuckle, S. F., Gobin, L., & Thurman, S. N. (2014). Spatial Reasoning: Improvement of Imagery and Abilities in Sophomore Organic Chemistry. Perspective to Enhance Student Learning. *Contemporary Issues in Education Research*, 7(1), 45-50.
- Raiyn, J., & Rayan, A. (2015). How chemicals' drawing and modelling improve chemistry teaching in colleges of education. *World Journal of Chemical Education*, 3(1), 1-4.
- Setyarini, M., Liliarsari, L., Kadarohman, A., & Martoprawiro, M. A. (2017). Efektivitas Pembelajaran Stereokimia Berbasis Visualisasi 3d Molekul untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial. *Cakrawala Pendidikan*, (1), 91-101.
- Springer, M. T. (2014). Improving students' understanding of molecular structure through broad-based use of computer models in the undergraduate organic chemistry lecture. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1162-1168.
- Stieff, M., Bateman R., & Uttal D., (2005), Teaching and learning with three-dimensional representations, in Gilbert J. K. (ed.), *Visualization in science education*, Dordrecht, the Netherlands: Springer, vol. 1, pp. 93-120.
- Stull, A. T., Hegarty, M., Dixon, B., & Stieff, M. (2012). Representational translation with concrete models in organic chemistry. *Cognition and Instruction*, 30(4), 404-434.
- Urhahne, D., Nick, S., & Schanze, S. (2009). The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties. *Research in science education*, 39(4), 495-513.
- Wiersma, W. & Jurs, S. (2009). *Research Methods in Education*. 9th ed. USA: Allyn and Bacon, Inc.
- Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.

Copyright © 2026, Dessi Nur Adiska, Syarifah Yanti, Rauzatur Rahmi, Ismiaty

The manuscript open access article distributed under the Creative Commons CC BY-SA 4.0, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited