

Penggunaan Phet Colorado untuk Melatih Keterampilan Proses Sains pada Materi Bentuk Molekul

Annisa Sholehah Ayu Febriyanti^{1*}, Muntholib², Dasianto³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Profesi Guru, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65145, Indonesia

E-mail: annisa.sholehah.2431279@students.um.ac.id

*Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.3130>

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 04 Jul 2026

Revised: 00 Jul 2026

Accepted: 16 Jul 2026

Kata Kunci:

PhET Colorado,
Keterampilan Proses
Sains, Bentuk Molekul,
Penelitian Tindakan
Kelas.

Keywords:

Phet Colorado,
Science Process
Skills, Molecular
Shapes, Classroom
Action Research.



ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk melatih keterampilan proses sains siswa kelas X-4 SMA Brawijaya Smart School melalui penggunaan media simulasi PhET Colorado pada materi bentuk molekul. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya keterampilan proses sains siswa yang teridentifikasi berdasarkan temuan observasi dan hasil tes tertulis. Penelitian dilakukan dengan metode tindakan kelas model Kurt Lewin. Pembelajaran menggunakan simulasi "Molecule Shapes" dari PhET Colorado yang memberikan pengalaman eksploratif dan interaktif kepada siswa dalam memahami bentuk molekul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET mampu meningkatkan enam indikator keterampilan proses sains yaitu mengamati, memprediksi, mengklasifikasikan, menginterpretasikan data, menyimpulkan, dan membuat model serta memperkuat pemahaman konseptual siswa khususnya dalam mengaitkan bentuk molekul dengan model VSEPR.

This study aims to train the science process skills of students in class X-4 SMA Brawijaya Smart School through the use of PhET Colorado simulation media on molecular shape material. This study was motivated by the low science process skills of students identified based on observation findings and written test results. The research was conducted using the Kurt Lewin model of classroom action method. Learning uses the "Molecule Shapes" simulation from PhET Colorado which provides explorative and interactive experiences to students in understanding molecular shapes. The results showed that the use of PhET simulation was able to improve six indicators of science process skills, namely observing, predicting, classifying, interpreting data, concluding, and modeling as well as strengthening students' conceptual understanding, especially in linking molecular shapes with the VSEPR model.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Annisa Sholehah Ayu Febriyanti, et al. (2026), Penggunaan Phet Colorado Untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Pada Materi Bentuk Molekul, 5(1). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.3130>

PENDAHULUAN

Pendidikan bertujuan untuk memaksimalkan potensi dan keterampilan siswa yang dapat diterapkan dalam konteks sosial, nasional, dan global. Salah satu keterampilan yang diharapkan dalam pembelajaran sains adalah keterampilan proses sains (KPS) (Elvanisi dkk., 2018). KPS merupakan serangkaian kemampuan berpikir dan bertindak yang mencerminkan cara kerja ilmuwan dalam menyelidiki, menguji, dan memecahkan masalah (Duruk dkk., 2016; Idris dkk., 2022). Dalam konteks pembelajaran, keterampilan ini membantu siswa menganalisis fenomena, mengajukan pertanyaan, serta mengeksplorasi isu-isu ilmiah secara aktif dan bertanggung jawab (Gürses dkk., 2015).

Pengembangan KPS juga selaras dengan prinsip konstruktivisme dimana siswa secara aktif mengkonstruksi pengetahuan melalui pengalaman langsung (Libata dkk., 2023). Selain itu, pembelajaran yang melibatkan KPS mampu mendorong kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa (HOTS) karena menuntut siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mengkreasi berdasarkan

informasi yang diperoleh (Brookhart, 2010). Bybee (1997) juga menekankan bahwa keterampilan proses merupakan fondasi utama dalam praktik inkuiri ilmiah yang mendukung literasi sains abad 21.

Secara umum, KPS dikategorikan ke dalam keterampilan dasar dan terintegrasi (Kızılaslan, 2019). Keterampilan dasar mencakup keterampilan mengamati objek, mengelompokkan data, melakukan pengukuran, memberikan kesimpulan hingga mengomunikasikan hasil pengamatan secara sistematis. Sementara itu, keterampilan terintegrasi mencakup keterampilan yang lebih kompleks seperti mengidentifikasi variabel, merumuskan hipotesis, menafsirkan data, melakukan eksperimen, dan membuat model.

Kimia kerap dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dan abstrak sehingga kurang diminati siswa (Prayunisa, 2022). Salah satu tantangan utama dalam memahami kimia, menurut Johnstone (1991) adalah kesulitan mengaitkan representasi simbolik, makroskopik, dan submikroskopik secara menyeluruh. Dalam Kurikulum Merdeka, mata pelajaran kimia berada pada jenjang SMA dan terbagi ke dalam Fase E dan Fase F. Materi Fase E mencakup konsep dasar seperti struktur atom, reaksi kimia, hukum dasar kimia, dan perubahan iklim dan pada Fase F mencakup materi yang lebih kompleks seperti ikatan kimia, asam-basa, kesetimbangan kimia, kinetika kimia, serta kimia organik (Kemdikbudristek, 2022). Salah satu submateri menantang dalam topik ikatan kimia adalah bentuk molekul karena memerlukan pemahaman spasial tentang struktur molekul yang tidak mudah diilustrasikan secara langsung. Materi ini secara kurikulum diajarkan pada Fase F, namun dapat dikenalkan kepada siswa kelas X (Fase E) sebagai penguatan konsep dasar ikatan kimia. Chittleborough & Treagust (2007) menyatakan bahwa konsep bentuk molekul sulit dipahami karena berada pada level representasi submikroskopik.

Pemahaman siswa dapat dioptimalkan dengan menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi yang mampu menyajikan visualisasi konsep secara interaktif dan konkret. Salah satu media yang relevan adalah PhET Interactive Simulations dari University of Colorado Boulder, yang menyediakan simulasi berbasis sains untuk mendukung eksplorasi konsep secara visual dan mandiri. Wieman dkk. (2008) menyatakan bahwa PhET mendorong peningkatan pemahaman konseptual dan keterampilan ilmiah siswa. Moore dkk. (2014) juga menekankan efektivitas PhET dalam mendukung pembelajaran kimia berbasis representasi visual, sementara Finkelstein dkk. (2005) menunjukkan bahwa penggunaan PhET dapat meningkatkan hasil belajar dan motivasi belajar sains.

Berdasarkan observasi di kelas X-4 SMA Brawijaya Smart School pada materi ikatan kimia, penguasaan siswa terhadap enam aspek KPS yaitu (1) mengamati pola pembentukan ikatan, (2) memprediksi sifat senyawa, (3) mengklasifikasikan jenis ikatan, (4) menginterpretasikan data percobaan, (5) menyimpulkan hubungan sifat dengan jenis ikatan kimia dan (6) menggambarkan struktur molekul masih rendah. Hal ini mengindikasikan potensi kesulitan dalam memahami bentuk molekul yang memerlukan penerapan KPS lebih kompleks, seperti visualisasi 3D dan analisis geometri (Johnstone, 1991). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan melatih keterampilan proses sains siswa menggunakan PhET Colorado pada materi bentuk molekul, dengan memfasilitasi eksplorasi visual interaktif berbasis simulasi 3D.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dengan mengadopsi model Kurt Lewin, yang terdiri atas empat tahapan siklus yaitu perencanaan (*planning*), tindakan (*acting*), observasi (*observing*), dan refleksi (*reflecting*) (Lewin, 1946). Kesesuaian model Lewin dengan penelitian ini terletak pada tiga aspek. Pertama, karakteristik masalah yang dihadapi (rendahnya keterampilan proses sains siswa) memerlukan intervensi bertahap melalui siklus perencanaan-tindakan-observasi-refleksi. Kedua, model ini memungkinkan adaptasi dinamis terhadap strategi pembelajaran, seperti penyesuaian tingkat kompleksitas simulasi PhET Colorado berdasarkan analisis kebutuhan siswa setelah siklus awal. Ketiga, model Lewin menawarkan struktur yang sistematis dan responsif terhadap temuan lapangan, sehingga pembelajaran dapat diperbaiki secara kontekstual dan berkelanjutan (Kemmis dkk., 2014). Penelitian ini direncanakan berlangsung selama dua siklus (lima pertemuan) untuk memastikan tercapainya peningkatan KPS pada materi bentuk molekul, dengan indikator keberhasilan berupa peningkatan akurasi prediksi geometri dan interpretasi data simulasi.



Gambar 1. Diagram Alur PTK Kurt Lewin

1. **Perencanaan (*planning*)**
Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di kelas, lalu merancang rencana tindakan sebagai solusi. Perencanaan mencakup penentuan tujuan, strategi pembelajaran, perangkat pembelajaran (mencakup media pembelajaran dan lembar kerja siswa), dan perangkat evaluasi.
2. **Tindakan (*acting*)**
Tahap ini merupakan penerapan dari rencana yang telah dirumuskan sebelumnya ke dalam situasi pembelajaran nyata di kelas. Tindakan tersebut berupa penggunaan media pembelajaran untuk melatih keterampilan proses sains.
3. **Observasi (*observing*)**
Selama tindakan berlangsung, dilakukan pengamatan terhadap proses pembelajaran, respons siswa, dan keterlaksanaan strategi. Pengumpulan data dilakukan melalui pengisian lembar observasi, pencatatan data di lapangan, atau dokumentasi pembelajaran sebagai upaya memperoleh informasi yang relevan.
4. **Refleksi (*reflecting*)**
Setelah tindakan dan observasi dilakukan, guru melakukan analisis dan refleksi terhadap hasil yang diperoleh. Refleksi ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas tindakan yang telah dilakukan, mengidentifikasi kekurangan, serta merancang perbaikan untuk siklus berikutnya jika diperlukan.

Subjek penelitian ini terdiri dari 30 siswa yang berasal dari kelas X-4 SMA Brawijaya Smart School Malang. Pemilihan subjek dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan kesesuaian karakteristik sampel terhadap kebutuhan dan fokus penelitian (Creswell & Creswell, 2018). Dalam penelitian ini, media PhET Colorado digunakan sebagai alat bantu visual interaktif dalam pembelajaran bentuk molekul untuk melatih keterampilan proses sains siswa. Keterampilan yang diukur adalah keterampilan proses sains dasar dan terintegrasi yang sudah disesuaikan dengan karakteristik materi dan siswa mencakup keterampilan mengamati, memprediksi, mengklasifikasikan, menginterpretasikan data, menyimpulkan, dan membuat model yang diukur melalui butir soal keterampilan proses sains. Sementara itu, aktivitas guru dan siswa dilihat dari hasil lembar observasi.

Penelitian ini mengombinasikan teknik observasi dan evaluasi tertulis untuk mengumpulkan data. Instrumen penelitian terdiri dari: (1) lembar observasi aktivitas guru-siswa, dan (2) instrumen tes awal-akhir (*pretest-posttest*) untuk mengukur keterampilan proses sains. Instrumen tes yang dikembangkan telah divalidasi secara ahli (*expert judgment*) oleh guru kimia SMA Brawijaya Smart School yang

memiliki pengalaman mengajar selama 16 tahun dan dinyatakan valid secara isi. Uji empiris terhadap 15 responden menunjukkan tingkat kesukaran sedang–sulit, daya beda baik ($\geq 0,5$), dan reliabilitas tinggi (split-half, $r = 0,88$), sehingga instrumen layak digunakan.

Penelitian ini menghasilkan dua jenis data, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif dikumpulkan melalui pengamatan proses pembelajaran dalam dalam setiap pertemuannya, sementara data kuantitatif bersumber dari nilai tes siswa. Selanjutnya, data tersebut dianalisis dengan menerapkan formula matematis guna mengukur perkembangan keterampilan proses sains siswa setiap siklus. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus persentase yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Fitriana dkk., 2019).

$$\text{Nilai Persentase} = \frac{\text{Skor siswa}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Nilai Persentase = hasil akhir dalam bentuk persentase

Skor siswa = nilai yang dicapai oleh siswa

Skor maksimal = nilai tertinggi yang diperoleh

Nilai yang didapatkan kemudian dikategorikan agar mempermudah pembacaan dan penarikan kesimpulan tiap indikator KPS (Fitriana dkk., 2019). Adapun kategorinya adalah

Tabel 1. Kategori Indikator KPS

Rentang Skor (%)	Kategori
81-100	Sangat baik
61-80	Baik
41-60	Cukup
21-40	Kurang
≤ 20	Sangat kurang

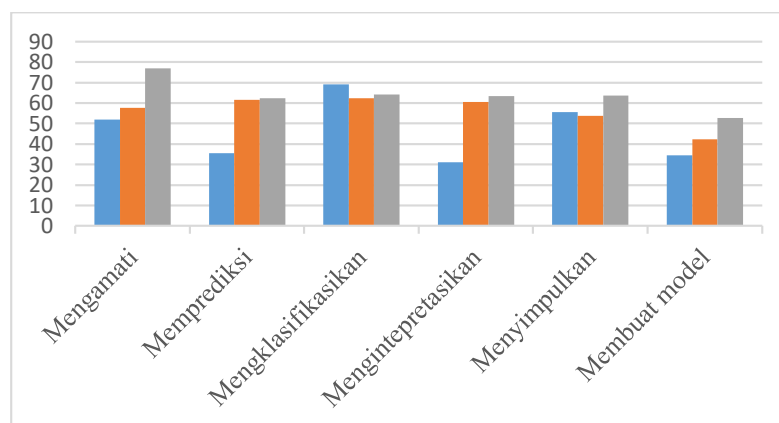
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi umum hasil penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua siklus selama lima pertemuan pada tanggal 14, 15, 21, 22, dan 28 April 2025 pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Data yang terkumpul dari penelitian ini mencakup data hasil observasi pembelajaran dan hasil tes siswa. Penelitian ini diawali dengan peninjauan ulang materi prasyarat, yaitu konfigurasi elektron, struktur Lewis, dan ikatan kovalen, untuk memastikan siswa memiliki landasan yang kuat dalam mempelajari bentuk molekul. Pretest dilakukan untuk mengukur penguasaan awal keterampilan proses sains (KPS) siswa. Hasil pretest menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memprediksi bentuk molekul, menginterpretasikan data, dan membuat model 3D. Hal ini konsisten dengan temuan Chittleborough & Treagust (2007) yang menyatakan bahwa banyak siswa kesulitan dalam memahami representasi submikroskopik dalam kimia.

Tabel 2. Kategori KPS Siswa Setiap Indikatornya

Indikator KPS	Pretest		Siklus 1		Siklus 2	
	%	Kategori	%	Kategori	%	Kategori
Mengamati	51,9	Cukup	57,6	Cukup	76,9	Baik
Memprediksi	35,5	Kurang	61,5	Baik	62,5	Baik
Mengklasifikasikan	69,2	Baik	62,5	Baik	64,1	Baik
Menginterpretasikan	31,2	Kurang	60,5	Cukup	63,4	Baik
Menyimpulkan	55,7	Cukup	53,8	Cukup	63,8	Baik
Membuat model	34,6	Kurang	42,3	Cukup	52,8	Cukup



Gambar 1. Perbandingan Persentase Ketercapaian Indikator KPS Siswa pada Tiap Tindakan

Peningkatan capaian indikator KPS dari pretest hingga siklus kedua cukup signifikan, seperti pada indikator mengamati yang meningkat sebesar 25%, dan menyimpulkan yang naik sekitar 8%. Hal ini menunjukkan adanya dampak positif dari penggunaan simulasi PhET Colorado terhadap keterampilan proses sains siswa.

Deskripsi Hasil Siklus 1

Pembelajaran pada siklus 1 dirancang dengan menggunakan pendekatan pembelajaran inkuiri terbimbing, dengan peran guru sebagai fasilitator yang mengarahkan proses eksplorasi dan mendorong keterlibatan siswa dalam menyusun pemahaman melalui simulasi. Berdasarkan data Tabel 2 secara umum penggunaan simulasi PhET berhasil meningkatkan capaian pada beberapa indikator utama. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator memprediksi (naik 27% dari hasil pretest ke Siklus 1), yang konsisten dengan temuan (Wieman dkk., 2008) bahwa simulasi PhET efektif melatih keterampilan prediksi berbasis visual. Sementara itu, indikator membuat model hanya meningkat 18,2%, menunjukkan bahwa representasi 3D masih menjadi tantangan kompleks (Johnstone, 1991). Namun, indikator menyimpulkan justru mengalami sedikit penurunan (sekitar 2%). Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun visualisasi simulasi mampu memfasilitasi pengamatan dan prediksi, siswa masih membutuhkan dukungan dalam menyusun argumen logis berdasarkan data. Hal ini sejalan dengan saran observer pembelajaran yang meminta guru untuk memberikan bimbingan secara intensif pada setiap kelompok belajar atau mempertimbangkan tutor sebaya. Refleksi dari hasil siklus ini mendorong guru untuk mendesain ulang pembelajaran pada siklus kedua, dengan penekanan pada bimbingan eksplisit terkait cara menarik kesimpulan berdasarkan data hasil simulasi.

Diskusi Siklus 2

Desain ulang pembelajaran pada siklus kedua didasarkan pada analisis lembar observasi dan nilai siswa pada siklus pertama. Intervensi guru berupa pemberian contoh menyusun kesimpulan, *scaffolding* langkah-langkah berpikir logis, serta diskusi terbimbing diterapkan dalam proses inkuiri. Lembar kerja siswa yang digunakan dirancang untuk memandu siswa menghubungkan data simulasi dengan bentuk molekul melalui tahapan eksplorasi hingga evaluasi. Peran guru sebagai fasilitator aktif terbukti krusial dalam mendukung peningkatan indikator menyimpulkan (naik 10%) dan indikator lain secara merata. Peningkatan ini menegaskan bahwa proses reflektif dan tindakan terencana berdasarkan hasil siklus sebelumnya merupakan kunci keberhasilan dalam model PTK. Hasil ini selaras dengan (Moore dkk., 2013), yang menyatakan bahwa simulasi interaktif mendorong eksplorasi mandiri dan pemahaman konsep abstrak. Penelitian Salame dan Makki (2021) juga mendukung bahwa integrasi simulasi dalam pembelajaran kimia meningkatkan sikap positif dan pemahaman konseptual siswa. Rahmawati dkk. (2022) menambahkan bahwa simulasi PhET memperkuat keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kemampuan representasional siswa. Meskipun semua indikator menunjukkan peningkatan kemampuan membuat model masih berada pada kategori cukup (52,8%), yang dapat disebabkan oleh kompleksitas representasi 3D (Johnstone, 1991). Untuk mengatasi hal ini, penelitian selanjutnya dapat mengadopsi pendekatan kombinasi fisik-digital sebagaimana terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman geometri molekul (Tasker & Dalton, 2006).

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan simulasi PhET Colorado memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi bentuk molekul. Seluruh indikator keterampilan mengalami peningkatan, dengan capaian dominan pada kategori baik setelah dua siklus pembelajaran. Pembelajaran berbasis simulasi ini terbukti mendorong siswa untuk berpikir ilmiah, memahami konsep secara lebih mendalam, dan berpartisipasi aktif dalam proses belajar. Meskipun demikian, indikator membuat model masih berada pada kategori cukup, sehingga pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah siklus dan mengombinasikan penggunaan model fisik seperti Molymod dengan simulasi digital PhET. Langkah ini diharapkan mampu memperkuat pemahaman spasial serta meningkatkan keterampilan proses sains siswa secara lebih menyeluruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih peneliti ucapkan kepada Program Studi Pendidikan Profesi Guru (PPG) Sekolah Pascasarjana Universitas Negeri Malang yang telah mendanai dan memfasilitasi penelitian ini. Dukungan dari dosen pembimbing serta guru pamong di sekolah mitra SMA Brawijaya Smart School sangat berarti dalam proses pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini. Kami juga menyampaikan apresiasi kepada siswa-siswi yang telah terlibat aktif selama pembelajaran, serta rekan sejawat yang telah memotivasi dan memberikan masukan konstruktif selama penelitian berlangsung. Tanpa dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- Brookhart, S. M. (2010). *How to Assess Higher-Order Thinking Skills in Your Classroom*. ASCD. www.ascd.org/memberbooks
- Bybee, R. W. . (1997). *Achieving scientific literacy : from purposes to practices* /. Heinemann,.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274–292. <https://doi.org/10.1039/B6RP90035F>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *RESEARCH DESIGN: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5 ed.). SAGE Publications.
- Duruk, U., Akgün, A., Doğan, C., & Gülsuyu, F. (2016). Examining the Learning Outcomes Included in the Turkish Science Curriculum in Terms of Science Process Skills: A Document Analysis with Standards-Based Assessment. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIROMENTAL AND SCIENCE EDUCATION*, 12, 117–142. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Elvanisi, A., Fadillah, E. N., & Hidayat, I. S. (2018). *Analisis keterampilan Proses Sains Siswa Sekolah Menengah Atas*. 4, 245–252. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.21426>
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & Lemaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *The American Physical Society*. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
- Fitriana, F., Kurniawati, Y., & Utami, L. (2019). ANALISIS KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK PADA MATERI LAJU REAKSI MELALUI MODEL PEMBELAJARAN BOUNDED INQUIRY LABORATORY. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(2), 226–236. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i2.5669>
- Gürses, A., Çetinkaya, S., Doğan, Ç., & Şahin, E. (2015). Determination of Levels of Use of Basic Process Skills of High School Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 644–650. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2015.04.243>
- Idris, N., Talib, O., & Razali, F. (2022). Strategies in Mastering Science Process Skills in Science Experiments: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 155–170. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.32969>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Dalam *Journal of Computer Assisted Learning* (Vol. 7).
- Kemdikbudristek. (2022). *Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Kimia Fase E-Fase F Untuk SMA/MA/Pogram* *Paket* *C* 2. <https://kurikulum.kemdikbud.go.id/file/cp/dasmen/16.%20CP%20Kimia.pdf>

- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The Action Research Planner*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>
- Kızılaslan, A. (2019). The development of science process skills in visually impaired students: analysis of the activities. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 8(1), 90–96. <https://doi.org/10.11591/ijere.v8i1.17427>
- Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34–46. <https://doi.org/10.1111/J.1540-4560.1946.TB02295.X;PAGE=STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Libata, I. A., Ali, M. N., & Ismail, H. N. (2023). Fostering science process skills through constructivist-based module among form two students of different cognitive levels. *Contemporary Mathematics and Science Education*, 4(1), 23005. <https://doi.org/10.30935/conmaths/12747>
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197. <https://doi.org/10.1021/ed4005084>
- Moore, E. B., Herzog, T. A., & Perkins, K. K. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 257–268. <https://doi.org/10.1039/C3RP20157K>
- Prayunisa, F. (2022). Analisa Kesulitan Siswa Kelas XI dalam Pembelajaran Kimia di Sman 1 Masbagik. *Journal of Classroom Action Research*, 4, 147–150. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jcar/article/view/2095/1935>
- Rahmawati, Y., Zulhipri, Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET interactive simulations. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303–326. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.1597>
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and Learning in General Chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247. <https://doi.org/10.21601/IJESE/10966>
- Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Visualisation of the Molecular World Using Animations. *The Royal Society of Chemistry*, 2, 141–159. <http://www.learningdesigns.uow.edu.au/exemplars/info/LD9/index.html>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). Physics. PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1161948/SUPPL_FILE/WEIMAN.SOM.PDF