

Optimalisasi Learning Cycle 5E berbasis Computational Thinking Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Materi Bentuk Molekul

Ega Silvia Lutviana¹, Muntholib², Dasianto³

^{1,2,3}Jurusan Kimia, PPG Sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Jl. Cakrawala No. 5, Kota Malang, Jawa Timur

E-mail: ega.silvia.2431279@students.um.ac.id

* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.3183>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 29 Maret 2026

Revised: 2 April 2026

Accepted: 21 April 2026

Kata Kunci:

Penelitian Tindakan Kelas (CAR), Siklus Pembelajaran 5E, Berpikir Komputasional, Berpikir Kritis

Keywords

classroom action research (CAR), Learning Cycle 5E Computational Thinking critical thinking



ABSTRACT

Materi ini bersifat abstrak karena melibatkan konsep spasial dan struktur tiga dimensi molekul yang tidak dapat diamati secara langsung. Akibatnya, banyak siswa mengalami kesulitan dalam membayangkan bentuk molekul serta menentukan hubungannya dengan teori domain elektron dan sudut ikatan. Penelitian ini bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa sehingga harapannya mampu meningkatkan kemampuan kognitif siswa pada materi Bentuk Molekul melalui penerapan model Learning Cycle 5E dengan mengintegrasikan Computational Thinking (CT). Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian tindakan kelas (PTK). Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas X-6 SMA Brawijaya Smart School tahun pelajaran 2024/2025. Instrumen yang digunakan adalah pretest dan posttest di setiap siklus dan lembar observasi berbasis checklist. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Berdasarkan hasil pengamatan dari siklus I dan siklus II terjadi peningkatan hasil belajar kognitif siswa. Persentase ketuntasan hasil belajar kognitif adalah 21,87% dan 90,63%. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa melalui penerapan model Learning Cycle 5E dengan mengintegrasikan pendekatan Computational Thinking dan dengan bantuan media PhET Interactive Simulations mampu melatih keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran.

This material is abstract because it involves spatial concepts and three-dimensional molecular structures that cannot be observed directly. As a result, students have difficulty in imagining the shape of molecules and determining specifications with electron domain theory and bond angles. This study aims to train students' critical thinking skills so that it is hoped that it can improve students' cognitive abilities in the Molecular Form material through the application of the Learning Cycle 5E model by integrating Computational Thinking (CT). The research method used is classroom action research (CAR). The subjects in this study were students of class X-6 SMA Brawijaya Smart School in the 2024/2025 academic year. The instruments used were pretest and posttest in each cycle and checklist-based observation sheets. The data obtained were analyzed descriptively. Based on the results of observations from cycle I and cycle II, there was an increase in students' cognitive learning outcomes. The percentage of cognitive learning outcome completion was 21.87% and 90.63%. Based on these data, it can be concluded that through the application of the Learning Cycle 5E model by integrating the Computational Thinking approach and with the help of PhET Interactive Simulations media, it can train students' critical thinking skills in learning.



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

How to Cite: Ega Silvia Lutviana et al (2026). Optimalisasi Learning Cycle 5E berbasis Computational Thinking Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Materi Bentuk Molekul, <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.3183>

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran di kelas sering kali menghadapi berbagai tantangan yang menghambat pemahaman peserta didik, terutama ketika berhadapan dengan konsep yang abstrak dan kompleks. Mata pelajaran seperti kimia, fisika, dan matematika sering kali memerlukan kemampuan berpikir kritis dan imajinasi untuk memahami teori yang tidak dapat diamati secara langsung. Namun, banyak siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan teori dengan realitas karena metode pembelajaran yang digunakan masih bersifat konvensional dan kurang variatif (Cardellini, 2012).

Metode ceramah yang dominan dalam proses belajar mengajar cenderung membuat siswa pasif dan kurang terlibat secara aktif dalam memahami materi. Pembelajaran yang hanya berpusat pada guru tanpa melibatkan interaksi yang dinamis sering kali menyebabkan siswa kehilangan minat dan mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang disampaikan (Maysuri & Sopacua, 2024). Selain itu, kurangnya penggunaan media pembelajaran yang mendukung, seperti simulasi interaktif, model fisik, atau animasi digital, semakin memperburuk kondisi ini. Tanpa alat bantu yang mempermudah visualisasi konsep, siswa akan kesulitan membangun pemahaman yang kuat terhadap materi yang diajarkan (Mamase et al., 2019).

Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam metode pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis teknologi untuk membantu siswa dalam memahami konsep yang abstrak. Penggunaan model pembelajaran berbasis eksperimen, diskusi kelompok, serta pemanfaatan media digital dapat menjadi solusi untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan memudahkan pemahaman mereka terhadap materi. Dengan pendekatan yang lebih bervariasi, proses pembelajaran dapat menjadi lebih efektif dan menarik, sehingga siswa mampu memahami konsep secara lebih mendalam dan aplikatif.

Dalam menghadapi tantangan abad ke-21, sistem pendidikan dituntut untuk menghasilkan lulusan yang memiliki daya saing global. Keterampilan abad ke-21 memainkan peran krusial dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, inisiatif, kewirausahaan, komunikasi, kerja sama tim, metakognisi (perubahan pola pikir), serta literasi digital. Dalam penerapannya, keterampilan abad ke-21 berfokus pada inovasi pembelajaran yang mencakup tiga aspek utama, yaitu (1) berpikir kritis dan pemecahan masalah untuk mendorong pemikiran yang lebih mendalam, (2) komunikasi dan kolaborasi guna mendukung interaksi yang lebih kompleks, serta (3) kreativitas dan inovasi dalam menghasilkan gagasan serta solusi baru. Ketiga keterampilan ini menjadi elemen fundamental dalam persiapan individu menghadapi tantangan abad ke-21 (Nurhayati et al., 2024).

Pendidikan adalah sebagai usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran sedemikian rupa supaya siswa dapat mengembangkan potensi dirinya secara aktif, memiliki pengendalian diri, kecerdasan, keterampilan (Republik Indonesia, 2003). Melalui pendidikan, manusia dapat mengembangkan potensi-potensi yang ada dalam dirinya baik itu potensi Rohani (pikir, rasa, dan budi pekerti) maupun jasmani (panca Indera serta keterampilan). Salah satu upaya untuk meningkatkan mutu pendidikan adalah dengan cara memperhatikan potensi yang dimiliki oleh siswa dalam proses belajar mengajar (Vinolia, 2020). Oleh karena itu, seorang guru harus berupaya untuk menciptakan inovasi pembelajaran yang positif dan menyenangkan dalam lingkungan belajar untuk mengasah potensi siswa.

Pengembangan potensi siswa dapat dikembangkan melalui pendekatan dan langkah pembelajaran pada berbagai mata pelajaran. Salah satu mata pelajaran yang diajarkan di jenjang SMA adalah kimia. Setiap pembelajaran harus berupaya untuk memperhatikan perkembangan ilmu pengetahuan, baik penerapan maupun penyelesaian masalah sehari-hari di lingkungan sekitar (Indah, 2021). Dengan demikian, pembelajaran kimia memiliki kegunaan untuk membentuk dan mengembangkan potensi-potensi siswa yang terpadu dan relevan pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pendidikan abad ke-21 menekankan pentingnya keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya adalah keterampilan berpikir kritis, yang sangat diperlukan dalam memahami konsep-konsep sains seperti kimia. Salah satu materi dalam pembelajaran kimia yang sering menjadi kendala bagi siswa SMA adalah materi bentuk molekul. Materi ini bersifat abstrak karena melibatkan konsep spasial dan struktur tiga dimensi molekul yang tidak dapat diamati secara langsung (Siregar & Harahap, 2020). Akibatnya, banyak siswa mengalami kesulitan dalam membayangkan bentuk molekul serta menentukan hubungannya dengan teori domain elektron dan sudut ikatan. Jika konsep abstrak tidak dapat dikuasai oleh siswa, maka konsep selanjutnya tidak akan mudah dipahami juga (Gollu et al., 2022). Selain itu,

konsep abstrak kimia juga menimbulkan kesulitan dan tidak mampu merumuskan strategi penyelesaian materi yang diajarkan hingga menurunnya hasil belajar kognitif siswa (Prayunisa & Mahariyanti, 2022; Simatupang, 2021; Stojanovska et al., 2017).

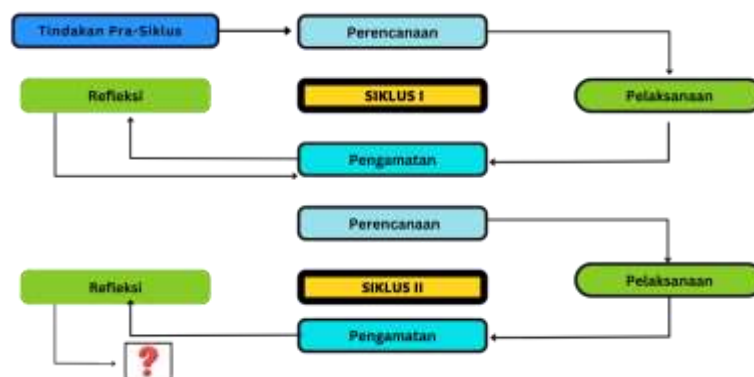
Kesulitan ini bertambah kompleks dengan adanya penggunaan metode pembelajaran yang bersifat satu arah, seperti ceramah, tanpa melibatkan siswa secara aktif. Pembelajaran yang monoton dan minim interaksi menyebabkan rendahnya motivasi dan partisipasi siswa dalam memahami konsep yang kompleks (Gita Tasya, 2024). Selain itu, kurangnya pemanfaatan media pembelajaran interaktif seperti model fisik, animasi, maupun simulasi digital membuat siswa sulit membangun representasi mental yang akurat terhadap bentuk molekul.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan simulasi interaktif seperti PhET Interactive Simulations. Melalui simulasi Molecule Shapes, siswa dapat memvisualisasikan bentuk molekul secara dinamis, bereksperimen dengan pasangan elektron, dan mengamati perubahan bentuk molekul secara langsung. Simulasi ini terbukti efektif meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak dalam kimia (Rizkiana & Apriani, 2020).

Untuk mendukung proses berpikir logis dan kritis siswa, pendekatan *Computational Thinking* (CT) juga diintegrasikan dalam pembelajaran. CT melatih siswa dalam menyusun solusi berdasarkan pengenalan pola, dekomposisi masalah, abstraksi konsep, dan algoritma yang sejalan dengan pengembangan keterampilan berpikir kritis (Siagian et al., 2025). Agar proses pembelajaran berlangsung secara terstruktur dan konstruktif, digunakan model Learning Cycle 5E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate). Model ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam seluruh tahapan pembelajaran, mulai dari membangun rasa ingin tahu hingga mengevaluasi pemahaman. Model *Learning Cycle 5E* terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konseptual siswa pada pembelajaran sains (Bybee, 2009); (Djadir et al., 2021).

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di SMA Brawijaya Smart School, maka penelitian tindakan kelas ini dilakukan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui penerapan model *Learning Cycle 5E* dengan integrasi simulasi interaktif dan pendekatan *Computational Thinking* pada materi Bentuk Molekul di kelas X. Selain itu, secara umum siswa di SMA Brawijaya Smart School memiliki karakteristik cenderung menyukai pemanfaatan teknologi dalam pembelajarannya. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan beberapa penyesuaian dalam pembelajaran termasuk model pembelajaran yang dipilih sehingga dapat mengatasi kesulitan dalam memahami kimia dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

METODE



Gambar 1. Skema prosedur penelitian tindakan kelas

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian tindakan kelas (PTK). Desain PTK dalam penelitian ini menggunakan model yang digagas oleh Kemmis & Taggart (1988), terdiri dari 4 tahapan pada masing-masing siklus yaitu perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*action*), pengamatan (*observation*), dan refleksi (*reflection*). Dalam tahapan PTK ini tidak memiliki ketentuan berapa kali siklus harus dilakukan, akan tetapi minimal yang harus dilakukan minimal dua siklus agar terlihat peningkatan kualitas pembelajaran atau tidak. Desain PTK model Kemmis dan Taggart digambarkan pada Gambar 1. Penelitian ini melibatkan seorang kolaborator yaitu guru kimia SMA Brawijaya Smart School dan teman sejawat peneliti. Kolaborator bertugas membantu peneliti dalam melaksanakan

pembelajaran dengan model *Learning Cycle 5E* dengan integrasi simulasi interaktif dan pendekatan *Computational Thinking*, mengobservasi siswa dan guru model pada saat pembelajaran, serta melakukan refleksi bersama di akhir siklus.

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Mei 2024. Penelitian bertempat di SMA Brawijaya Smart School Malang yang beralamat di Jl.Cipayung No.8, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Subjek dalam penelitian tindakan kelas ini adalah siswa kelas X-6 SMA Brawijaya Smart School tahun pelajaran 2024/2025. Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah aktivitas dan hasil belajar kognitif ditinjau dari kemampuan berpikir kritis pada bab Bentuk Molekul melalui penerapan model *Learning Cycle 5E* dengan integrasi simulasi interaktif dan pendekatan *Computational Thinking*.

Prosedur penelitian ini, dalam setiap siklus terdiri dari 4 tahap yaitu perencanaan, pelaksanaan, pengamatan dan refleksi. Tahapan perencanaan merupakan tahap awal berupa penyusunan tindakan yang akan dilakukan untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar kognitif siswa melalui penerapan *Learning Cycle 5E* dengan integrasi simulasi interaktif dan pendekatan *Computational Thinking*. Perencanaan terdiri dari mempersiapkan jadwal pembelajaran, modul ajar, materi ajar, media pembelajaran yang digunakan, dan mempersiapkan instrument penelitian.

Tahap berikutnya adalah pelaksanaan, tahap ini peneliti melaksanakan pembelajaran yang telah direncanakan pada tahap berikutnya. Peneliti melaksanakan pembelajaran bekerja sama dengan kolaborator. Tahap selanjutnya adalah pengamatan, dimana pada tahap ini peran kolaborator sangat penting. Kolaborator mengamati secara langsung proses pembelajaran untuk mengetahui aktivitas siswa dan guru dengan adanya pelaksanaan pembelajaran dengan model *Learning Cycle 5E* dengan integrasi simulasi interaktif dan pendekatan *Computational Thinking*. Tahap refleksi tindakan merupakan tahapan terakhir pada setiap siklus yang berguna untuk mengevaluasi hasil pelaksanaan tindakan yang didasarkan pada hasil observasi dan penilaian. Hasil refleksi kemudian dijadikan bahan acuan dalam menentukan dilaksanakannya atau tidak tindakan pada siklus selanjutnya.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa hasil belajar kognitif siswa pada materi Bentuk Molekul. Teknik pengumpulan data kuantitatif yang digunakan meliputi observasi dengan menggunakan tes hasil belajar kognitif berupa soal pilihan ganda dan uraian yang dilakukan di setiap akhir siklus. Sedangkan, data kualitatif pada penelitian ini berupa lembar observasi aktivitas guru dan siswa untuk mendeskripsikan aktivitas siswa selama pembelajaran.

Penelitian tindakan kelas ini merupakan penelitian yang didasarkan pada permasalahan atau kasus di suatu kelas yang hasilnya tidak untuk digeneralisasikan, maka analisis data cukup dengan mendeskripsikan data yang terkumpul. Keterlaksanaan model learning cycle 5E diukur dengan metode pengamatan oleh tiga orang observer, yakni 1 orang guru dan 2 orang rekan sejawat yaitu mahasiswa jenjang S1 menggunakan instrumen lembar pengamatan keterlaksanaan pembelajaran. Kemampuan berpikir kritis diukur menggunakan tes tulis terdiri dari dua tahap, yaitu pre-test dan post-test. Analisis hasil pre-test dan post-test disusun berdasarkan pada indikator berpikir kritis, yaitu: interpretasi, analisis, inferensi, eksplanasi, evaluasi dan pengaturan diri (Facione, 2011). Data hasil tes tulis diolah dengan menghitung Normalized Gain (N-Gain) dan analisis statistik deskriptif. Perhitungan N-Gain digunakan untuk memperkirakan adanya kenaikan kemampuan berpikir kritis siswa (Putri Nur Solichah & Dhita Ayu Permata Sari, 2023).

Data hasil belajar kognitif peserta didik dikumpulkan menggunakan instrumen tes. Data hasil penelitian selanjutnya diolah dan dianalisis secara deskriptif kualitatif. Skor hasil belajar selanjutnya dikonversi menjadi nilai dalam skala 100, dan kemudian dikelompokkan dengan klasifikasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kemampuan Siswa

Interval Nilai	Predikat	Kategori
$81,25 \leq x \leq 100$	A	Sangat Baik
$71,50 \leq x < 81,25$	B	Baik
$62,50 \leq x < 71,50$	C	Cukup
$43,75 \leq x < 62,50$	D	Kurang
$0 \leq x < 43,75$	E	Sangat Kurang

Indikator keberhasilan yang digunakan untuk mempertimbangkan apakah siklus dalam penelitian ini dapat dihentikan atau harus dilanjutkan, dapat dilihat dari aspek-aspek meningkatnya kemampuan

berpikir kritis peserta didik yaitu meningkatnya rata-rata skor tes dari tes awal ke siklus I atau dari siklus I ke siklus II dan seterusnya. Secara klasikal, minimal 80% dari jumlah peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis kategori baik dan sangat baik.

Adapun data kuantitatif lainnya pada penelitian ini adalah hasil belajar kognitif yang diolah menggunakan rumus persentase deskriptif berikut ini.

$$\text{Nilai Ketuntasan Individu} = \frac{\sum \text{skor jawaban benar}}{\sum \text{skor keseluruhan}} \times 100$$

Persamaan 2. Rumus nilai ketuntasan individu

Siswa yang mendapatkan nilai < 70 dinyatakan kesulitan belajar, sedangkan siswa yang mendapatkan nilai ≥ 70 maka dinyatakan telah tuntas belajar. Untuk pembelajaran klasikal, ketuntasan belajar harus mencapai sekurang-kurangnya 75% jumlah siswa yang telah tuntas belajar dari keseluruhan siswa di kelas. Perbandingan masing-masing siklus menggunakan persentase ketuntasan klasikal ini digunakan dalam menentukan keberhasilan PTK (Barkatin et al., 2025).

Untuk mengecek keabsahan data dan objektivitas data dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Diskusi hasil temuan penelitian dengan kolaborator yaitu guru kimia SMA Brawijaya Smart School dan teman sejawat peneliti.
2. Menyesuaikan hasil temuan penelitian dengan teori-teori para ahli dan membandingkan hasilnya dengan penelitian sebelumnya yang hampir sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pra-Siklus

Sebelum pelaksanaan pembelajaran pada siklus 1, peneliti terlebih dahulu melaksanakan pretest guna mengetahui pemahaman awal siswa terhadap materi bentuk molekul. Pretest ini berfungsi sebagai diagnostik awal yang memberikan gambaran sejauh mana siswa telah mengenal konsep dasar bentuk molekul sebelum diberi perlakuan melalui model pembelajaran *Learning Cycle 5E*. Selain sebagai alat ukur awal, hasil pretest juga dimanfaatkan sebagai dasar dalam pembentukan kelompok belajar heterogen, yaitu dengan cara mengelompokkan siswa berdasarkan rentang nilai dari yang tertinggi hingga terendah, kemudian membagi mereka menjadi 8 kelompok beranggotakan 4 siswa dengan latar belakang kemampuan kognitif yang beragam.

Tabel 2. Hasil persentase nilai *pretest* siswa

Keterangan	Nilai
Nilai terendah	27
Nilai tertinggi	65
Jumlah siswa tuntas	0
Jumlah siswa tidak tuntas	32
Rata-rata nilai	41,5
Persentase ketuntasan (%)	0%

Berdasarkan hasil pretest yang ditampilkan pada Tabel 2, diketahui bahwa dari total 32 siswa yang mengikuti pretest, tidak ada satu pun yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM), sehingga persentase ketuntasan adalah 0%. Temuan ini menunjukkan bahwa seluruh siswa belum memahami secara memadai materi bentuk molekul, baik dari aspek struktur, teori VSEPR, maupun pengaruh pasangan elektron terhadap bentuk geometri molekul. Ketidaktuntasan ini menandakan adanya kesenjangan pengetahuan awal yang cukup besar, sehingga diperlukan intervensi pembelajaran yang mampu memberikan representasi konkret terhadap konsep-konsep abstrak dalam materi bentuk molekul.

Hasil pretest yang rendah ini sekaligus memperkuat urgensi penggunaan strategi pembelajaran berbasis inkuiri dan visualisasi, seperti simulasi PhET, yang dapat menjembatani keterbatasan siswa dalam memvisualisasikan bentuk molekul secara tiga dimensi. Dengan adanya pembelajaran yang dirancang secara interaktif dan berbasis pemecahan masalah melalui model *Learning Cycle 5E*, diharapkan terjadi peningkatan signifikan dalam keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konseptual siswa pada siklus-siklus berikutnya.

Siklus 1

1. Perencanaan

Tahap awal dalam pelaksanaan penelitian tindakan kelas (PTK) ini dimulai dengan kegiatan perencanaan yang dirancang secara sistematis untuk mencapai capaian pembelajaran yang telah ditetapkan. Capaian pembelajaran dalam penelitian ini meliputi kemampuan peserta didik dalam memahami sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa. Berdasarkan capaian tersebut, ditetapkan dua tujuan pembelajaran, yaitu: (1) peserta didik mampu menentukan bentuk molekul sederhana tanpa pasangan elektron bebas (PEB) berdasarkan teori VSEPR secara tepat, dan (2) peserta didik mampu menentukan bentuk molekul dengan pasangan elektron bebas (PEB) berdasarkan teori VSEPR secara tepat. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti merancang pembelajaran dengan menggunakan model Learning Cycle 5E (LC 5E) yang mengacu pada lima tahap utama: Engage, Explore, Explain, Elaborate, dan Evaluate. Model pembelajaran ini dipadukan dengan mengintegrasikan *Computational Thinking* yang menekankan pada kemampuan berpikir logis, sistematis, dan pemecahan masalah. Pembelajaran juga didukung oleh penggunaan simulator digital interaktif PhET Colorado *Molecule Shapes* sebagai media visualisasi yang membantu peserta didik mengeksplorasi bentuk molekul secara virtual. Seluruh komponen dalam tahap perencanaan ini disusun untuk menciptakan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan mendorong keterlibatan serta pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

2. Pelaksanaan

Penelitian tindakan kelas ini dilaksanakan dalam dua siklus, di mana setiap siklus terdiri dari tiga pertemuan. Dua pertemuan digunakan untuk proses pembelajaran, sedangkan satu pertemuan lainnya digunakan untuk pelaksanaan tes evaluasi. Selama proses pembelajaran berlangsung, dilakukan observasi untuk memantau aktivitas guru dan peserta didik dalam penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E pada siklus I dan II. Pada tahap *Engagement*, siswa diajak untuk mengaitkan materi bentuk molekul dengan fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan mereka, yaitu kondisi udara di Kota Malang yang dipadati kendaraan bermotor. Pendekatan ini bertujuan untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dan mengaktifkan pengetahuan awal siswa. Pemaparan mengenai gas CO₂ yang menjadi salah satu penyebab polusi udara memberikan konteks yang relevan dan mendorong siswa untuk memikirkan hubungan antara struktur molekul dengan dampaknya di lingkungan. Informasi bahwa CO₂ memiliki bentuk molekul linier memancing rasa penasaran siswa, terutama ketika dikaitkan dengan pertanyaan reflektif seperti “mengapa bentuknya bisa lurus?” atau “bagaimana elektron-elektronnya bisa membentuk struktur seperti itu?”. Pertanyaan-pertanyaan ini berperan sebagai pemicu konflik kognitif yang penting dalam pembelajaran berbasis inkuiri. Dalam konteks CT, engagement ini mendorong aktivasi proses dekomposisi awal, di mana siswa mulai berpikir tentang bagaimana struktur molekul terbentuk dari interaksi dasar antar elektron.

Pada tahap exploration, siswa didorong untuk membangun pemahaman melalui kegiatan diskusi kelompok berbantuan teknologi seperti simulasi *PhET Molecule Shapes* agar siswa dapat membangun pemahaman konsep melalui pengalaman langsung dan interaktif, sesuai prinsip learning by doing (Kolb, 1984). Kegiatan ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam mengamati dan menganalisis berbagai konfigurasi pasangan elektron serta pengaruhnya terhadap bentuk molekul. Dalam tahap ini, pengenalan pola dan abstraksi mulai berperan secara signifikan: siswa mengenali pola hubungan antara jumlah pasangan elektron dan bentuk geometri molekul, serta belajar menyederhanakan informasi kompleks menjadi konsep kunci (misalnya bilangan koordinasi dan bentuk dasar).

Sementara itu, tahap *Explanation* menjadi momen penting bagi siswa untuk merefleksikan dan mengonstruksi kembali pemahaman yang telah diperoleh melalui kegiatan diskusi dan eksplorasi. Siswa mempresentasikan hasil analisis mereka dan mendapatkan umpan balik dari rekan dan guru untuk menguatkan pemahaman konseptual. Aktivitas ini mendukung pengembangan algoritma berpikir siswa, karena mereka diajak menyusun alur berpikir yang logis dan sistematis berdasarkan teori VSEPR. Guru berperan sebagai fasilitator dalam memverifikasi pemahaman siswa dan meluruskan miskonsepsi, sehingga pengetahuan yang dibangun sesuai pada penalaran ilmiah.

Selanjutnya, tahap elaboration dalam LKPD bentuk molekul yang telah terintegrasi dengan Computational Thinking (CT) menunjukkan peran penting dalam memperdalam pemahaman dan mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Pada tahap ini, siswa diarahkan untuk menerapkan konsep teori VSEPR dalam berbagai konteks soal yang bersifat analitis dan kontekstual. Aktivitas yang diberikan secara eksplisit mendorong penerapan empat fondasi CT. Dekomposisi tampak ketika siswa diminta memecah masalah kompleks menjadi langkah-langkah kecil, seperti menentukan

struktur Lewis, menghitung jumlah pasangan elektron, dan mengidentifikasi bentuk molekul. Pengenalan pola ditumbuhkan melalui perbandingan bentuk molekul dari senyawa-senyawa berbeda dengan jumlah domain elektron yang sama, sehingga siswa dapat menarik generalisasi dari keteraturan yang diamati. Fondasi abstraksi terlath ketika siswa menyederhanakan informasi dan fokus pada variabel penting, yaitu jumlah pasangan elektron. Selanjutnya, aktivitas disusun dalam urutan algoritmik yang konsisten, mulai dari analisis struktur hingga penarikan kesimpulan bentuk molekul, yang memperkuat keterampilan berpikir kritis. Melalui desain ini, tahap elaboration tidak hanya berfungsi sebagai latihan konsep, tetapi juga sebagai sarana pembentukan kemampuan berpikir komputasional yang relevan untuk pengembangan pembelajaran abad ke-21.

Sebagai upaya awal, guru telah memberikan penjelasan mengenai langkah-langkah eksplorasi, termasuk fitur-fitur pada simulator seperti pengaturan pasangan elektron ikatan, pasangan elektron bebas, serta pengamatan terhadap sudut ikatan. Namun, sebagian siswa kurang mencermati instruksi pada LKPD, sehingga tidak semua langkah diikuti secara runtut. Beberapa siswa juga memilih untuk mengandalkan rekan kelompoknya untuk menjalankan simulator, tanpa benar-benar terlibat aktif dalam pengamatan dan pengumpulan data. Akibatnya, hasil eksplorasi belum optimal, baik dari segi kelengkapan data maupun pemahaman konsep. Hal ini berdampak langsung pada lemahnya kemampuan siswa untuk menjelaskan hasil pengamatan pada tahap *Explanation*. Pembelajaran berbasis simulator digital memerlukan literasi instruksional yang baik dan kesiapan belajar mandiri. Ketika siswa tidak terbiasa dengan alur eksplorasi atau tidak memahami isi LKPD, efektivitas penggunaan simulator menjadi terbatas (Novak, 2014).

3. Observasi

Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa tidak semua siswa langsung tertarik atau aktif terlibat dalam diskusi awal ini. Beberapa siswa hanya membaca teks pengantar tanpa menunjukkan ekspresi ingin tahu atau memberikan tanggapan terhadap pertanyaan pemantik. Hal ini dapat disebabkan oleh dua faktor utama: (1) gaya bahasa kontekstual yang belum cukup kuat menjembatani dengan konsep ilmiah, dan (2) pengalaman belajar siswa sebelumnya yang minim dalam mengaitkan sains dengan kehidupan nyata, sehingga mereka belum terbiasa menanggapi pembelajaran yang bersifat reflektif atau eksploratif. Meskipun demikian, siswa yang memiliki ketertarikan terhadap isu lingkungan atau topik visual cenderung menunjukkan antusiasme, ditunjukkan dengan bertanya tentang bagaimana bentuk molekul CO₂ bisa "dilihat", serta menanyakan apakah bentuk molekul lain juga memengaruhi sifat zat.

Selanjutnya, pada tahap *exploration*, siswa terlibat aktif dalam diskusi kelompok dan penggunaan media digital seperti simulasi PhET Molecule Shapes. Proses pengamatan langsung terhadap bentuk geometri molekul secara visual memfasilitasi siswa untuk mengenali pola keterkaitan antara jumlah pasangan elektron dengan bentuk molekul. Dalam proses ini, guru mengamati tahap dekomposisi dan abstraksinya, di mana siswa dapat memecah langkah-langkah analisis (misalnya: menentukan struktur Lewis, menghitung PEI dan PEB, hingga menggambarkan bentuk molekul). Aktivitas eksplorasi ini memperkuat konsep melalui pengalaman belajar berbasis penemuan, dan sebagian besar kelompok mampu mengisi tabel pengamatan serta menjawab pertanyaan analisis dengan baik.

Pada tahap *explanation*, siswa menyampaikan hasil diskusi kelompok melalui presentasi singkat di depan kelas. Hasil observasi menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mampu menyusun argumen secara logis dan menggunakan istilah ilmiah yang tepat, seperti "bilangan koordinasi" dan "struktur tetrahedral". Hal ini mencerminkan proses berpikir algoritmik yang mulai terbentuk dalam penyusunan langkah-langkah analisis. Guru memberikan penguatan dan klarifikasi terhadap jawaban siswa, dan siswa yang semula pasif mulai terdorong untuk berkontribusi setelah mendapat umpan balik. Kegiatan presentasi ini juga memberikan ruang reflektif bagi siswa untuk menguji pemahaman diri dan kelompoknya. Selanjutnya pada tahap elaboration siswa masih kesulitan dalam memahami pertanyaan dan cara menjawab soal yang disajikan di LKPD. Setelah semua tahap pada siklus 1 terlaksana, berikutnya siswa diberikan *posttest 1* untuk mengevaluasi sejauh mana pemahaman siswa tentang materi Bentuk Molekul tanpa memiliki pasangan elektron bebas.

Secara keseluruhan, hasil pengamatan pada siklus 1 menunjukkan bahwa pendekatan CT telah memberikan dampak positif terhadap kualitas keterlibatan dan proses berpikir peserta didik. Meskipun terdapat beberapa siswa yang masih memerlukan bimbingan dalam menyusun langkah analisis secara sistematis, namun arah perkembangan kompetensi berpikir kritis dan komputasional sudah mulai terlihat dan dapat dikembangkan lebih lanjut pada siklus pembelajaran berikutnya.

4. Refleksi

Berdasarkan hasil observasi, terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki untuk penyempurnaan pada siklus pembelajaran berikutnya. Meskipun siswa terlihat antusias terhadap pemantik kontekstual yang diberikan, sebagian besar dari mereka masih kesulitan memahami peran pasangan elektron. Mereka cenderung menghafal bentuk molekul tanpa menganalisis struktur dan susunan elektron secara sistematis, yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir abstrak dan algoritmik belum berkembang secara optimal. Selain itu, beberapa kelompok siswa terlihat kurang aktif dalam berdiskusi dan berkolaborasi. Hal ini disebabkan karena mereka belum terbiasa dengan anggota kelompok yang baru, sehingga diperlukan waktu adaptasi dan pendekatan yang lebih intensif untuk membangun kekompakan.

Siklus 2

1. Perancangan

Perencanaan pada siklus 2 disusun berdasarkan temuan dari hasil observasi, evaluasi, dan refleksi pada siklus 1. Beberapa perbaikan dilakukan, seperti penyusunan instruksi dan pertanyaan dalam LKPD dengan bahasa yang lebih sederhana agar lebih mudah dipahami oleh siswa, peningkatan intensitas pendampingan, serta pengelolaan waktu pembelajaran yang lebih optimal. Model pembelajaran yang digunakan tetap *Learning Cycle 5E* dengan integrasi *Computational Thinking* (CT), dan media yang digunakan masih berupa simulator interaktif PhET Colorado – Molecule Shapes. Materi pada siklus ini difokuskan pada pembelajaran bentuk molekul senyawa yang memiliki Pasangan Elektron Bebas (PEB). Dengan perencanaan ini, pembelajaran diharapkan menjadi lebih inklusif, terarah, dan mampu meningkatkan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir mereka.

2. Pelaksanaan

Pada siklus 2, pemantik pembelajaran lebih disesuaikan dengan fokus konsep, yaitu bentuk molekul senyawa dengan PEB, seperti H_2S . Guru menggunakan konteks nyata yang kuat, seperti bau menyengat daging busuk, untuk menggugah rasa ingin tahu siswa terhadap bentuk molekul yang tidak simetris. Dibandingkan dengan siklus 1 yang menampilkan senyawa tanpa PEB (seperti CH_4 atau CO_2), pemantik pada siklus 2 lebih relevan dengan kompleksitas konsep, karena menekankan bagaimana keberadaan PEB dapat mengubah bentuk molekul secara signifikan. Hal ini mendorong siswa untuk lebih aktif berpikir dan mulai bertanya, seperti “Mengapa bentuknya bengkok?”, atau “Apa pengaruh pasangan elektron bebas terhadap bentuk molekul?” Keterkaitan fenomena kontekstual dan konsep ilmiah juga menunjukkan perbaikan dari segi keterlibatan emosional dan kognitif siswa.

Dalam tahapan eksplorasi, siswa mengeksplorasi bentuk molekul yang memiliki PEB melalui LKPD dan simulasi PhET, seperti senyawa H_2O , SO_2 , SF_4 , dan XeF_4 . Dibandingkan siklus 1 yang fokus pada molekul tanpa PEB dan cenderung memiliki bentuk simetris, siklus 2 memberikan tantangan analisis yang lebih tinggi, karena siswa harus mempertimbangkan distribusi elektron yang tidak merata di sekitar atom pusat. Kegiatan eksplorasi pada siklus ini lebih efektif dalam mengembangkan kemampuan dekomposisi (memecah struktur molekul kompleks menjadi elemen-elemen seperti PEB dan PEI) dan pengenalan pola (mengamati perubahan bentuk molekul akibat penambahan PEB). Dengan bimbingan guru yang lebih intensif dan sudah terlatih dari siklus 1, siswa lebih mudah membedakan antara bentuk dasar dan bentuk hasil penyimpangan akibat adanya PEB, sehingga eksplorasi berjalan lebih detail.

Pada tahap explanation, siswa menyampaikan hasil analisis bentuk molekul senyawa dengan PEB dan mulai menggunakan istilah ilmiah seperti “bentuk bengkok”, “trigonal piramida”, dan “distorsi bentuk”. Berbeda dari siklus 1 yang berfokus pada bentuk molekul simetris (misalnya tetrahedral), penjelasan pada siklus 2 menunjukkan peningkatan pemahaman konsep spasial dan gaya tolak-menolak antar pasangan elektron. Siswa mulai mampu menjelaskan bahwa bentuk bengkok pada H_2O dan H_2S disebabkan oleh PEB yang mendorong ikatan ke posisi tertentu, serta menyadari bahwa sudut ikatan semakin mengecil seiring bertambahnya jumlah PEB. Proses ini memperkuat abstraksi dan algoritma berpikir, karena siswa tidak hanya menghafal bentuk, tetapi mulai mengenali pola dari menentukan struktur Lewis \rightarrow PEI + PEB \rightarrow bilangan koordinasi \rightarrow bentuk molekul. Selain itu, presentasi kelompok menunjukkan peningkatan kepercayaan diri dan kemampuan argumentasi ilmiah yang lebih baik dibandingkan siklus 1. Selanjutnya pada tahap elaboration, siswa menyelesaikan soal terkait bentuk molekul suatu senyawa untuk memperdalam pemahaman mereka. Terakhir, tahap evaluation ini mengerjakan soal posttest untuk mengukur pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis mereka.

3. Observasi

Pada pelaksanaan siklus 2, materi fokus pada bentuk molekul dengan pasangan elektron bebas (PEB), proses pembelajaran menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan siklus pertama. Siswa tampak lebih aktif dan fokus dalam mengikuti setiap tahapan kegiatan. Pada tahap *engagement*, pemantik yang dikaitkan dengan bau menyengat H₂S dari daging busuk berhasil menarik perhatian siswa dan memunculkan pertanyaan kritis terkait hubungan antara struktur molekul dan sifat senyawa. Pada tahap *exploration*, siswa lebih mampu mengidentifikasi pasangan elektron ikatan dan bebas serta menghubungkannya dengan perubahan bentuk molekul. Penggunaan simulator PhET secara mandiri menunjukkan bahwa siswa telah memahami cara kerja alat bantu dan mampu mengeksplorasi bentuk molekul kompleks seperti SF₄, ClF₃, dan XeF₄. Diskusi kelompok juga berlangsung lebih efektif, karena kelompok telah dibentuk secara heterogen dan siswa mulai beradaptasi bekerja sama. Pada tahap *explanation*, siswa mampu mempresentasikan hasil diskusinya dengan lebih terstruktur dan percaya diri. Mereka mulai menunjukkan kemampuan berpikir komputasional, seperti menyusun langkah-langkah analisis (algoritma), mengenali pola dari bentuk molekul berbeda, serta melakukan abstraksi terhadap informasi yang relevan.

Secara keseluruhan, hasil observasi menunjukkan bahwa siklus 2 berhasil meningkatkan partisipasi, pemahaman konsep, dan kemampuan berpikir sistematis siswa, serta mengatasi kelemahan pada siklus sebelumnya. Pendekatan CT yang diterapkan secara konsisten membantu siswa membangun pemahaman yang lebih mendalam dan aplikatif terhadap konsep bentuk molekul.

4. Refleksi

Secara keseluruhan, siklus 2 menunjukkan bahwa pendekatan *Learning Cycle 5E* yang terintegrasi dengan *Computational Thinking* berhasil meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan berpikir kritis, serta partisipasi aktif siswa. Hal ini sesuai dengan temuan Meskipun masih terdapat beberapa siswa yang membutuhkan penguatan tambahan, pembelajaran pada siklus ini telah berjalan lebih efektif, inklusif, dan mendukung tercapainya tujuan pembelajaran secara lebih optimal. Siklus ini menjadi dasar yang kuat untuk merancang tindak lanjut yang mempertajam pemahaman dan memperluas penerapan konsep kimia dalam konteks yang lebih luas.

Hasil Belajar Kognitif Siswa

Proses pengambilan nilai dari hasil belajar kognitif siswa dilakukan setelah selesai melakukan proses pembelajaran pada siklus pertama. Hal ini dilakukan untuk mengukur pemahaman konsep siswa pada materi Bentuk Molekul pada senyawa yang tidak memiliki PEB yang telah dipelajari. Tes yang digunakan melalui ujian tulis yang berjumlah 5 soal. Data hasil belajar kognitif siswa pada siklus I dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil belajar kognitif siswa pada siklus I

Keterangan	Nilai
Nilai terendah	29
Nilai tertinggi	81
Jumlah siswa tuntas	7
Jumlah siswa tidak tuntas	25
Rata-rata nilai	55
Persentase ketuntasan (%)	21,87%

Berdasarkan tabel 3, hasil belajar kognitif siswa kelas X-6 pada siklus I menunjukkan rata-rata nilai yaitu 55 dari 32 siswa yang mengikuti tes. Hasil belajar kognitif berupa *post test* pada siklus I hanya mencapai keberhasilan sebanyak mencapai 21,9% siswa yang telah mencapai KKM.

Tes atau proses pengambilan nilai dari hasil belajar kognitif siswa juga dilakukan setelah selesai melakukan proses pembelajaran pada siklus II ini. Hasil belajar kognitif siswa dapat dilihat pada table 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil belajar kognitif siswa pada siklus II

Keterangan	Nilai
Nilai terendah	61
Nilai tertinggi	100
Jumlah siswa tuntas	29
Jumlah siswa tidak tuntas	3
Rata-rata nilai	89,66
Persentase ketuntasan (%)	90,63%

Berdasarkan tabel di atas yang merupakan hasil belajar kognitif siswa kelas X-6 pada siklus II menunjukkan rata-rata nilai yaitu 89,66 dari 32 siswa yang mengikuti tes. Hasil belajar kognitif berupa *post test* pada siklus II keberhasilan sebanyak mencapai 90,63% siswa yang telah mencapai KKM. Hasil ini digunakan untuk melengkapi keberhasilan proses penelitian tindakan kelas pada kelas X-6 SMA Brawijaya Smart School Malang.

Berdasarkan hasil observasi dan analisis data pada dua siklus yang telah dilaksanakan, terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa secara bertahap. Pada siklus I, siswa mulai menunjukkan kemampuan dalam mengidentifikasi bentuk molekul melalui interaksi dengan simulasi PhET, meskipun beberapa siswa masih kesulitan menghubungkan teori VSEPR dengan bentuk molekul secara visual. Setelah dilakukan perbaikan tindakan pada siklus II, yang mencakup penekanan pada eksplorasi langsung menggunakan simulasi dan pembimbingan dalam proses berpikir menggunakan Computational Thinking, kemampuan berpikir kritis siswa mengalami peningkatan yang lebih signifikan. Siswa lebih mampu melakukan analisis perbandingan antar bentuk molekul, menyimpulkan pola keterkaitan antara jumlah pasangan elektron dengan bentuk molekul, serta menjelaskan alasan ilmiah dari perbedaan bentuk tersebut. Selain itu, keterlibatan siswa dalam kegiatan belajar juga meningkat, terlihat dari antusiasme mereka saat mengeksplorasi bentuk molekul secara virtual dan berdiskusi kelompok. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian Bybee (2009) dan Mohrig et al. (2021) yang menyatakan bahwa model pembelajaran berbasis eksplorasi aktif dan dukungan media interaktif mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir kritis siswa.

Analisis kemampuan berpikir siswa pada pembelajaran ini didapatkan dari hasil *pretest* dan *posttest* yang fondasi CT yaitu, dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan algoritma. Data hasil *pretest* dan *posttest* akan dianalisis lebih lanjut dengan menghitung N-Gain guna mengetahui adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa, lalu disajikan dalam bentuk statistik deskriptif. Tabel 5 menunjukkan hasil statistik deskriptif *pretest* dan *posttest* siswa:

Tabel 3. Hasil Statistik Deskriptif Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Statistik Deskriptif	Pretest	Postest I	Postest II	N-Gain
Mean	41,54	55,00	89,66	0,82
Median	41,20	55,00	94,00	0,90
Modus	33,00	55,00	94,00	0,91
Maksimum	65,00	81,00	100,00	1,00
Minimum	27,00	29,00	61,00	0,47
Standar Deviasi	8,28	13,66	9,14	0,01

Tabel 5 menunjukkan adanya peningkatan pada kemampuan berpikir kritis siswa setelah pelaksanaan tindakan pembelajaran. Nilai rata-rata siswa meningkat dari 41,54 pada *pretest* menjadi 55,00 pada *posttest* siklus I, dan meningkat menjadi 89,66 pada *posttest* siklus II. Peningkatan ini juga tercermin dari nilai median dan modus yang konsisten naik, serta nilai maksimum yang mencapai 100 pada *posttest* II. Sementara itu, nilai minimum juga naik dari 27 menjadi 61, menandakan bahwa semua siswa mengalami kemajuan. Standar deviasi yang menurun di *posttest* II menunjukkan bahwa peningkatan siswa bersifat lebih merata. Mean nilai N-Gain yang diperoleh sebesar 0,82 termasuk dalam kategori tinggi, mengindikasikan bahwa pembelajaran yang dilakukan efektif meningkatkan pemahaman siswa secara menyeluruh dan terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan. Secara keseluruhan, tindakan yang diterapkan dalam dua siklus berhasil meningkatkan hasil belajar siswa baik secara individu maupun kelompok.

Simulator interaktif PhET merupakan media pembelajaran yang efektif untuk diintegrasikan ke dalam LKPD kimia karena dapat meningkatkan keaktifan siswa dalam belajar. Penggunaan simulasi ini terbukti mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Dalam penelitian ini, LKPD yang dikembangkan memuat simulasi interaktif PhET pada materi bentuk molekul. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis PhET dapat dilakukan secara efektif dan efisien tanpa memerlukan waktu yang lama, sekaligus mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Selain itu, simulasi ini juga membuat siswa lebih tertarik dan termotivasi untuk belajar, sehingga menimbulkan respon yang sangat positif (Febri Tia Aldila et al., 2024). Beberapa penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan hasil berpikir kritis setelah menggunakan simulasi PhET, terutama ketika diintegrasikan dengan pendekatan Computational Thinking, karena membantu siswa berpikir secara sistematis. Inovasi penelitian ini dibanding dengan penelitian terdahulu terletak

pada penggunaan LKPD sebagai bahan ajar, penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E, dan integrasi simulasi interaktif PhET dalam pembelajaran yang berbasis CT.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tindakan kelas (PTK) yang dilakukan di kelas X-6 SMA Brawijaya Smart School dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E yang dipadukan dengan simulasi interaktif PhET dan pendekatan Computational Thinking terbukti dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi bentuk molekul.
2. Melalui dua siklus tindakan, menunjukkan peningkatan hasil belajar kognitif siswa dengan N-Gain nilai rata-rata diperoleh sebesar 0,82. Hal ini mengindikasikan permasalahan yang dihadapi pada siklus I dapat teratasi pada siklus II.
3. Peningkatan hasil belajar kognitif siswa ditinjau dari keterampilan berpikir kritis siswa setelah penerapan model *Learning Cycle 5E* dengan mengintegrasikan pendekatan *Computational Thinking* dengan bantuan PhET Simulations Interactive terbukti efektif dalam membantu siswa memvisualisasikan bentuk molekul yang abstrak.
4. Pembelajaran yang awalnya bersifat satu arah menjadi lebih interaktif dan berpusat pada siswa. Penggunaan simulasi juga terbukti efektif dalam membantu siswa memvisualisasikan bentuk molekul yang abstrak.

Penelitian ini kedepannya diharapkan mampu untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada setiap kelas. Guru dapat menerapkan model *Learning Cycle 5E* dengan mengintegrasikan pendekatan *Computational Thinking* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan dapat juga digunakan sebagai alternatif model pembelajaran bagi guru dengan tetap menyesuaikan karakteristik siswa dan materi yang akan disampaikan agar memperoleh hasil yang optimal dalam pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada program studi Pendidikan Profesi Guru (PPG) Sekolah Pascasarjana Universitas Negeri Malang yang telah mendanai kegiatan ini

DAFTAR PUSTAKA

- Barkatin, M. P., Susilowati, S., Pratiwi, N., Kertiani, P., & Qurrotun, M. (2025). *PENERAPAN COOPERATIVE PEER INSTRUCTION BERBASIS ETNOGASTRONOMI UNTUK MENINGKATKAN LOCAL*. 6, 112–121.
- Bybee, R. W. (2009). the Bscs 5E Instructional Model and 21St Century Skills. *A Workshop on Exploring the Intersection of Science Education and the Development of 21St Century Skills*, 26(2001), 1–21.
- Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the Subject is Difficult? / Química: ¿Por qué la disciplina es difícil? *Educación Química*, 1–6.
- Djadir, Upu, H., & Rezky, A. (2021). Model Pembelajaran Learning Cycle 5E (Engage , Explore , Explain , Elaboration , Evaluate) Berbasis Daring Dalam Pembelajaran Matematika. *Seminar Nasional Hasil Penelitian 2021*, 1931–1943.
- Facione, P. a. (2011). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*, ISBN 13: 978-1-891557-07-1., 1–28. <https://www.insightassessment.com/CT-Resources/Teaching-For-and-About-Critical-Thinking/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts-PDF>
- Febri Tia Aldila, Jumadi, Siti Maryam Ulfa, Abidaturrosyidah, & Nurdiyanti. (2024). Students' Critical Thinking: The Effectiveness of Using a Global Warming E-book with PhET Interactive Simulation. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 13(4), 842–851. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i4.79887>
- Gita Tasya, D. (2024). Analisis Kebutuhan Pengembangan Media Egrang Board Game Dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Ips. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(Volume 09 No. 2 Juni 2024), 637–650. <https://doi.org/10.23969/jp.v9i2.13294>

- Gollu, A. A., Muhali, M., Suryati, S., & Ahmadi, A. (2022). Analisis Kesulitan Siswa pada Pembelajaran Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit di Masa Pandemi Covid-19 Menggunakan Model Discovery Learning. *Empiricism Journal*, 3(2), 301–307. <https://doi.org/10.36312/ej.v3i2.1012>
- Indah, M. R. (2021). Peningkatan Hasil Belajar Kimia pada Materi Indikator Asam dan Basa Melalui Eksperimen Menggunakan Bahan Alami di Lingkungan Sekitar Bagi Siswa SMK Negeri 3 Kendal. *Jurnal Pendidikan Sultan Agung*, 1(005), 198–205.
- Indonesia, R. (2003). *Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003*. Lembaran Negara.
- Kemmis, S., & Taggart, R. (1988). *The Action Research*. Victoria: Deakin University Press.
- Mamase, S., Tupamahu, F., & Sabiku, S. A. (2019). *PEMANFAATAN VISUAL ANIMASI SEBAGAI MEDIA INTERAKTIF UNTUK MENINGKATKAN MINAT BELAJAR* Media visual animasi merupakan suatu media pembelajaran yang dapat digunakan untuk meningkatkan minat belajar . Melalui media visual animasi , pemberi materi dapat mencip. 2(2), 88–94.
- Maysuri, T., & Sopacua, J. (2024). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning dalam Upaya Meningkatkan Hasil Belajar pada SMA Negeri 3 Maluku Tengah. 566–580.
- Novak, E. (2014). Effects of simulation-based learning on students' statistical factual, conceptual and application knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(2), 148–158. <https://doi.org/10.1111/jcal.12027>
- Nurhayati, I., Pramono, K. S. E., & Farida, A. (2024). Keterampilan 4C (Critical Thinking, Creativity, Communication And Collaboration) dalam Pembelajaran IPS untuk Menjawab Tantangan Abad 21. *Jurnal Basicedu*, 8(1), 36–43. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i1.6842>
- Prayunisa, F., & Mahariyanti, E. (2022). Analisa Kesulitan Siswa Sma Kelas X Dalam Pembelajaran Kimia Pada Pendekatan Contextual Teaching and Learning Berbasis Two Tier Multiple Choice Instrument. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 3(1), 24–30. <https://doi.org/10.55681/jige.v3i1.167>
- Putri Nur Solichah, & Dhita Ayu Permata Sari. (2023). Pembelajaran Learning Cycle 5E untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Kelas VIII. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(3), 596–602. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i3.1117>
- Rizkiana, F., & Apriani, H. (2020). SIMULASI PhET: PENGARUHNYA TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.20527/quantum.v11i1.6412>
- Siagian, M. D., Purba, B. P., Martua, C. K., Tambunan, C., Amanda, D., & Perangin-angin, T. D. B. (2025). Analisis computational thinking pada pembelajaran matematika dengan mengintegrasikan algoritma pemrograman Pendahuluan Matematika merupakan ilmu dasar yang sangat penting bagi kemajuan ilmu pengetahuan. 04(01), 175–186.
- Simatupang, A. (2021). Hubungan Motivasi Belajar Dengan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Kimia Di Sma Negeri 2 Kota Jambi. *SECONDARY: Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah*, 1(3), 199–205. <https://doi.org/10.51878/secondary.v1i3.346>
- Siregar, A. D., & Harahap, L. K. (2020). Pengembangan E-Modul Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Media Komputasi Hyperchem Pada Materi Bentuk Molekul. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 10(1), 1925. <https://doi.org/10.26740/jpps.v10n1.p1925-1931>
- Stojanovska, M., M. Petruševski, V., & Šoptrajanov, B. (2017). Study of the Use of the Three Levels of Thinking and Representation. *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences*, 35(1), 37–46. <https://doi.org/10.20903/csnmbs.masa.2014.35.1.52>
- Suparman, U. (2020). *Bagaimana Menganalisis DATA KUALITATIF?* Bandar Lampung: Pusaka Media.
- Vinolia, R. (2020). Upaya Meningkatkan Aktivitas Belajar Melalui Model Pembelajaran Kooperatif Learning Tipe Jigsaw pada Materi Perkembangan Sistem Periodik Unsur. *KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.33059/katalis.v3i1.2423>