

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sejak lahir, manusia menggunakan kemampuan berpikirnya untuk menjawab berbagai tantangan disekitarnya, baik alam, budaya maupun sosial (Kristiyono, 2018). Kemampuan berpikir siswa dapat dilatih melalui belajar kimia. Ilmu kimia termasuk dalam rumpun sains dan merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mencakup konsep, aturan, hukum, prinsip, dan teori (Panggabean et al., 2022). Hal tersebut merupakan sebuah alat untuk mencapai tujuan serta melatih siswa memiliki keterampilan berpikir.

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang diajarkan pada jenjang pendidikan SMA. Ilmu kimia memiliki objek kajian yang berkenaan dengan materi, sifat, struktur, perubahan/reaksi serta energi yang menyertai perubahan tersebut (Kartini & Putra, 2022). Materi atau konsep yang dikaji dalam ilmu kimia cukup banyak dan kompleks, serta kebanyakan bersifat abstrak dan saling berkaitan satu sama lainnya (Irawati, 2019). Kimia mempunyai karakteristik ilmu yang memerlukan daya abstraksi visual yang tinggi (Isnaini & Ningrum, 2018).

Namun fakta yang ada menunjukkan bahwa kemampuan berpikir siswa dalam belajar kimia masih rendah yang tampak dari masih rendahnya capaian hasil belajar kimia siswa. Rendahnya hasil belajar kimia siswa juga dialami para siswa di SMA Negeri 1 Kotapinang dan SMA Negeri 2 Kotapinang. Hal ini tampak dari nilai hasil ujian sumatif, berdasarkan daftar kumpulan nilai mata pelajaran kimia yang diperoleh dari guru kimia di SMA Negeri 1 Kotapinang dan SMA Negeri 2 Kotapinang.

Tabel 1.1. Nilai Ujian Sumatif Pelajaran Kimia T.A. 2022/2023 di SMA Negeri Kotapinang

SMA	Semester	Jumlah Siswa	Nilai		
			Terendah	Tertinggi	Rerata
SMAN 1	Ganjil	150	56	80	70,9
	Genap	150	55	84	72,4
SMAN 2	Ganjil	90	60	78	70,7
	Genap	90	52	82	69,2

Tabel 1.1 di atas, menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar kimia siswa masih belum optimal dan baru mencapai KKM (KKM pelajaran kimia = 70), sementara di SMA Negeri 2 Kotapinang untuk semester genap T.A. 2022/2032 rata-rata hasil belajar kimia siswa sebesar 69,2 atau di bawah KKM. Nilai terendah dari setiap semester juga masih di bawah KKM, yang berarti masih terdapat siswa yang memperoleh nilai di bawah KKM. Hal ini juga mengindikasikan masih rendahnya capaian hasil belajar kimia siswa.

Rendahnya capaian hasil belajar kimia siswa juga disebabkan adanya anggapan dari sebagian siswa bahwa pelajaran kimia adalah pelajaran yang sulit dan menakutkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Aenulyaqin et al (2022), bahwa ilmu kimia termasuk pelajaran yang dianggap sulit untuk dipelajari dan dipahami. Kesulitan belajar tersebut muncul dari karakteristik materi kimia itu sendiri yang sebagian besar konsepnya bersifat abstrak.

Banyaknya materi atau konsep kimia yang bersifat abstrak dan harus diserap siswa dalam waktu relatif terbatas menjadikan kimia salah satu mata pelajaran yang sulit bagi siswa sehingga banyak siswa yang memperoleh hasil belajar kimia yang rendah (Ardiyansyah et al., 2019). Pelajaran kimia juga menjadi salah satu mata pelajaran yang sedikit peminatnya karena sebagian materinya dipahami secara mikroskopis dan abstrak, sehingga sulit untuk dipahami (Kartini & Putra, 2022).

Berbagai pendapat di atas, menunjukkan bahwa rendahnya kemampuan dan hasil belajar kimia siswa dikarenakan banyaknya materi atau konsep kimia yang bersifat abstrak sehingga sulit dipahami siswa. Salah satu materi yang bersifat abstrak dan dianggap sulit oleh sebagian besar siswa adalah materi senyawa turunan alkana. Suhanda & Suryanto (2020), menyebutkan bahwa konsep senyawa turunan alkana termasuk salah satu konsep yang bersifat abstrak dan sulit dipahami siswa SMA.

Materi senyawa turunan alkana, seperti tertera dalam silabus merupakan kelanjutan dari materi hidrokarbon dan minyak bumi yang telah dipelajari siswa ketika di kelas XI. Materi senyawa turunan alkana yang cukup luas menjadi beban tersendiri bagi siswa, hal ini dikarenakan selama ini materi tersebut diajarkan

dengan penyampaian yang bersifat hafalan terkait rumus struktur, tata nama, sifat, sintesis, dan kegunaannya yang mengandung gugus fungsional (alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat dan ester) (Suhanda & Suryanto, 2020).

Hasil studi pendahuluan, melalui wawancara kepada guru kimia dari SMA Negeri 1 Kotapinang dan SMA Negeri 2 Kotapinang, umumnya ditemukan bahwa siswa masih kesulitan dalam belajar senyawa turunan alkana, terutama menentukan struktur, tata nama dan isomer dari berbagai turunan alkana, yang mana setiap turunan alkana dibedakan atas gugus fungsi, tata nama dan lainnya, sehingga membutuhkan pemahaman untuk mempelajarinya. Sebagian siswa juga sulit menghafalkan materi karena untuk materi sifat, reaksi dan kegunaannya cenderung bersifat hafalan. Berdasarkan hasil wawancara para siswa berharap guru kimia dapat menggunakan media agar siswa dapat memahami materi senyawa turunan alkana dengan baik dan dapat diingat siswa.

Untuk membantu siswa dalam memahami materi kimia terutama materi senyawa turunan alkana, maka guru harus mampu memilih model dan media pembelajaran yang tepat dan sesuai dengan karakteristik materi yang diajarkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan seorang guru untuk memvisualisasikan konsep abstrak yang dipelajari adalah dengan menggunakan media pembelajaran yang dapat memudahkan siswa mengkonstruksi pengetahuan dan pikirannya terhadap konsep abstrak tersebut (Sintiani et al., 2020).

Dewita et al (2020), menyebutkan bahwa kurangnya kemampuan guru memilih serta menggunakan media pembelajaran dapat mengakibatkan rendahnya pemahaman siswa terhadap materi yang telah disampaikan guru. Hal senada dikemukakan Kartini & Putra (2022), bahwa kurangnya pemahaman konsep siswa terhadap materi kimia cenderung dikarenakan kurangnya penerapan media pembelajaran dalam aktivitas belajar mengajar.

Dari hasil analisis terhadap media pembelajaran yang digunakan di kelas XII SMA berdasarkan standar kelayakan menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) untuk materi Senyawa Turunan Alkana dengan Komponen penilaian yakni Kelayakan Materi meliputi aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan bahasa, dan kelayakan media meliputi kebahasaan,

kelayakan rekayasa perangkat lunak dan kelayakan tampilan visual dan audio. Hasil analisis awal peneliti terhadap media *PowerPoint* yang digunakan guru menunjukkan bahwa media pembelajaran yang digunakan di sekolah berada pada kategori cukup layak dan perlu sedikit revisi dengan skor rata-rata sebesar 3,62. Berdasarkan data tersebut menunjukkan perlu dilakukannya pengembangan media pembelajaran kimia.

Media pembelajaran memiliki peranan dalam proses pembelajaran dan merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan dari dunia pendidikan. Media pembelajaran, salah satu alat bantu mengajar bagi guru guna menyampaikan materi, meningkatkan kreativitas dan perhatian siswa dalam proses belajar (Harahap et al., 2022). Penggunaan media dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk belajar lebih baik dan dapat meningkatkan performan dan daya ingat siswa sesuai tujuan yang ingin dicapai. Kehadiran media dalam pembelajaran cukup penting, karena ketidakjelasan materi dapat dibantu dengan menghadirkan media sebagai perantara, bahkan kerumitan dan keabstrakan materi dapat disederhanakan dan dikonkretkan dengan kehadiran media.

Pada abad 21 atau dikenal sebagai era digital, berbagai sumber daya manusia dalam segala bidang dituntut mempunyai keterampilan digital terutama dalam bidang pendidikan. Berbagai teknologi semestinya sudah diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Pemanfaatan proses dan produk teknologi komunikasi dan informasi untuk memecahkan masalah pendidikan mempunyai banyak manfaat atau keuntungan. Dengan memperhatikan keunggulan teknologi pembelajaran, dapat disusun strategi pemanfaatan yang tepat dan optimal untuk meningkatkan kualitas, efisiensi dan efektivitas pendidikan dan pembelajaran pada berbagai tingkatan satuan pendidikan. Penggunaan media komputer (multimedia) dapat menjadi alternatif karena dapat mengintegrasikan animasi molekuler dan video demonstrasi (Purba et al., 2021). Peran guru dalam pembelajaran berbasis teknologi adalah memberi kesadaran pada siswa untuk memanfaatkan media komunikasi dan teknologi di dalam pembelajaran, hal ini tentunya harus ditopang oleh para guru yang telah mempunyai pengalaman dan kemampuan memanfaatkan teknologi komunikasi dalam penyampaian bahan ajar maupun materi pembelajaran (Marwan & Nugraha, 2022).

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, ilmu kimia saat ini juga telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dengan munculnya bidang kajian baru yaitu kimia komputasi. Kimia komputasi merupakan cabang ilmu kimia yang memakai hasil kimia teori yang diterjemahkan dalam program komputer untuk menghitung sifat-sifat molekul dan perubahannya maupun mensimulasikan suatu struktur kimia besar (makromolekul), dan mengaplikasikan program tersebut pada sistem kimia nyata (Marwan & Nugraha, 2022). Metode kimia komputasi bersifat sangat fleksibel dan hampir seluruh materi praktek kimia baik pada level sederhana maupun dengan tingkat kesulitan tinggi dapat dimodelkan dengan baik melalui kimia komputasi (Sinaga & Nugraha, 2021).

Kimia komputasi disebut juga kimia teoretis atau pemodelan molekul, yang juga merupakan bidang sains kuno dan modern. Kimia komputasi dikatakan kuno karena fondasinya ditempatkan dalam pengembangan mekanika kuantum pada abad-20, dan dikatakan modern karena dalam sejarahnya masih belum ada teknologi pada bidang komputer yang berkembang pesat selama 35 tahun terakhir. Komputer digital menjadi alat bagi ahli kimia yang mempunyai keunggulan dalam praktik lapangan seperti pengembangan dan penerapan metode teoritis (Harahap et al., 2022). Kimia komputasi dapat dijadikan jembatan dalam kesulitan pemahaman struktur atau model molekul (Maahury et al., 2023). Ada banyak aplikasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman siswa melalui pemanfaatan kimia komputasi, termasuk pemodelan molekul yang meningkatkan pemahaman siswa tentang eksperimen laboratorium dalam kimia organik (Harahap et al., 2022).

Tersedianya bermacam *software* kimia komputasi secara gratis semestinya dapat dimanfaatkan guru sebagai alternatif pengganti praktikum kimia di sekolah. Keuntungan lain penggunaan kimia komputasi sebagai alternatif pembelajaran kimia adalah biayanya murah, memiliki tingkat akurasi yang tinggi, mempersingkat waktu praktek, tidak berbahaya, dan tentunya dapat meningkatkan pemahaman terhadap materi kimia secara optimal (Sinaga & Nugraha, 2021). Contoh paling sederhana yaitu pemodelan molekul yang awal mulanya diajarkan dengan model tiga dimensi dengan menggunakan alat peraga dalam bentuk bola-bola dari bahan plastik atau kayu, kini dapat digantikan oleh visualisasi model molekul memakai perangkat lunak pada komputer (Hadisaputra et al., 2017).

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan juga telah banyak melakukan penelitian terkait dengan pengembangan dan penerapan media berbasis metode komputasi dalam pembelajaran kimia, diantaranya penelitian Hadisaputra et al (2017), menunjukkan bahwa program pengembangan media pembelajaran berbasis kimia komputasi sangat bermanfaat bagi guru dan siswa guna mengoptimalkan pembelajaran di tingkat SMA. Penelitian Siregar & Harahap (2020), menunjukkan bahwa pengembangan e-modul terintegrasi PjBL berbantuan media komputasi *hyperchem* pada materi bentuk molekul sangat layak dan berpengaruh dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa.

Penelitian Arifani et al (2021), menunjukkan bahwa modul berbasis kimia komputasi pada asam basa yang dikembangkan valid dan sangat praktis diterapkan dalam pembelajaran. Penelitian Alifani et al (2022), menunjukkan bahwa modul praktikum mandiri berbasis kimia komputasi pada pokok bahasan sistem periodik unsur yang dikembangkan layak dan praktis sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran mandiri. Penelitian Harahap et al (2022), menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis kimia komputasi menggunakan *macromedia flash 8* layak digunakan pada pembelajaran di dalam kelas. Penelitian Nababan & Pratiwi (2023), menunjukkan terdapat pengaruh penggunaan media berbasis kimia komputasi memakai model kooperatif STAD terhadap motivasi belajar siswa.

Ada banyak perangkat lunak atau aplikasi yang dapat digunakan dalam metode komputasi kimia, beberapa diantaranya yaitu *Avogadro*, *NWChem* dan *Jmol*. Pada pembuatan animasi komputasi, dapat ditentukan struktur yang ingin dihitung memakai aplikasi *Avogadro*, selanjutnya struktur tersebut dihitung panjang ikatan dan sudutnya memakai aplikasi *NWChem*, kemudian hasil data perhitungan ditampilkan memakai aplikasi *Jmol* (Marwan & Nugraha, 2022).

Avogadro merupakan aplikasi visualisasi dan editor molekul yang dikembangkan oleh sekelompok peneliti dari Pittsburgh University. Aplikasi ini digunakan dalam menyusun masukan file di bidang komputasi (Yuanita et al., 2018). *Software Avogadro* dapat membawa siswa lebih dekat dengan molekul, mengungkapkan rincian di tingkat mikroskopis, dan membantu siswa memahami dengan lebih baik tentang hukum kimia, sifat kimia, reaksi kimia, dan fenomena kimia lainnya (Sinaga & Nugraha, 2021).

NWChem adalah paket *software* untuk kimia komputasi pada sistem komputasi parallel masif yang dikembangkan kelompok kimia komputasi berkinerja tinggi untuk laboratorium ilmu molekuler lingkungan (Harahap et al., 2022). *Software NWChem* dipakai untuk optimasi suatu molekul. Optimasi molekul dilakukan untuk meminimasi energi agar didapat konformasi struktur molekul paling stabil. *Software* ini juga dapat digunakan untuk memasukkan data yang berasal dari *software avogadro* (Sinaga & Nugraha, 2021).

Jmol adalah perangkat lunak komputer untuk pemodelan struktur kimia dalam bentuk 3D. *Jmol* menampilkan representasi 3D dari molekul yang dapat digunakan sebagai alat pembelajaran atau untuk penelitian seperti dalam kimia dan biokimia (Sinaga & Nugraha, 2021). *Jmol* ditulis dalam bahasa pemrograman Java, sehingga dapat beroperasi pada sistem operasi *Windows*, *Mac OS*, *Linux*, serta *Unix*, apabila Java telah terpasang (Harahap et al., 2022).

Berangkat dari fenomena dan uraian latar belakang masalah di atas, maka peneliti merasa perlu mengembangkan media pembelajaran yang dapat membantu siswa dalam memahami materi kimia terutama materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA. Media pembelajaran yang akan dikembangkan berbasis metode komputasi menggunakan *software Avogadro*, *NWChem* dan *Jmol*. Pengembangan media pembelajaran ini diwujudkan dalam bentuk penelitian dan pengembangan berjudul **“Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Perhitungan Kimia Komputasi Pada Materi Senyawa Turunan Alkana Kelas XII MIPA SMA”**.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan studi pendahuluan yang telah dilakukan, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Masih rendahnya capaian hasil belajar kimia siswa.
2. Adanya *mind set* sebagian siswa bahwa kimia merupakan pelajaran yang sulit sehingga tidak sedikit siswa yang kurang berminat dalam belajar kimia;
3. Materi senyawa turunan alkana merupakan salah satu materi yang dapat dibuat menarik untuk dipelajari, namun dari hasil wawancara dengan para guru kimia menunjukkan bahwa bagi sebagian siswa materi senyawa turunan alkana termasuk salah satu materi yang dianggap sulit.

4. Kesulitan yang dialami siswa dalam belajar senyawa turunan alkana, terutama dalam menentukan struktur, tata nama dan isomer dari berbagai turunan alkana, dimana setiap turunan alkana dibedakan atas gugus fungsi, tata nama dan lainnya.
5. Pada sebahagian siswa, materi senyawa turunan alkana termasuk materi yang kurang menarik perhatian karena cenderung bersifat hafalan.
6. Kurangnya pemahaman konsep siswa terkait senyawa turunan alkana, karena kurangnya penerapan media pembelajaran dalam aktivitas belajar mengajar di dalam kelas.
7. Hasil wawancara dengan para guru kimia pada umumnya ditemukan tentang perlunya digunakan media pembelajaran yang interaktif agar siswa dapat memahami materi senyawa turunan alkana dengan baik dan dapat diingat siswa.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, perlu dilakukan pembatasan masalah, agar masalah yang ada dapat diatasi secara spesifik dan mencapai target penelitian yang dikehendaki. Permasalahan utama pada penelitian ini difokuskan pada pengembangan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA. Secara spesifik masalah penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Materi senyawa turunan alkana yang dikembangkan meliputi materi struktur, tata nama dan isomer senyawa alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, ester dan haloalkana.
2. Aplikasi yang digunakan dalam mengembangkan media berbasis perhitungan kimia komputasi menggunakan *NWChem* untuk perhitungan kimia komputasi.
3. Menggunakan software *Avogadro* dan *Jmol* untuk memvisualisasikan hasil perhitungan kimia komputasi.
4. Media pembelajaran berbasis kimia komputasi yang sudah dikembangkan melalui berbagai software tersebut disajikan dalam program *Microsoft Sway*.
5. Model pengembangan mengacu pada model pengembangan ADDIE.

6. Siswa yang dijadikan sampel/subjek ujicoba pemakaian media pada penelitian ini adalah siswa kelas XII MIPA di SMA Negeri 2 Kotapinang yaitu sebanyak 2 kelas (60 orang siswa) yang ditentukan dengan teknik penentuan sampel secara acak kelas atau kelompok (*cluster random sampling*) dari populasi sebanyak 3 kelas.

1.4 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji pada penelitian dan pengembangan ini, secara spesifik dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis kebutuhan media pembelajaran pada senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA?
2. Apakah media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA yang dikembangkan layak (*valid*) berdasarkan standar BSNP?
3. Apakah media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA yang dikembangkan praktis digunakan dalam kegiatan pembelajaran?
4. Apakah media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA efektif digunakan dalam kegiatan pembelajaran?
5. Apakah terdapat peningkatan (perbedaan selisih rata-rata) hasil belajar siswa sebelum dan setelah diimplementasikan media pembelajaran berbasis berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA?
6. Bagaimana persepsi (*respon*) siswa terhadap media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA yang dikembangkan?

1.5 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian dan pengembangan ini, antara lain:

1. Untuk mendeskripsikan hasil analisis kebutuhan media pembelajaran pada senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA.
2. Untuk mendeskripsikan kelayakan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA yang dikembangkan.
3. Untuk mendeskripsikan kepraktisan penggunaan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA yang dikembangkan dalam kegiatan pembelajaran.
4. Untuk mendeskripsikan keefektifan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA dalam kegiatan pembelajaran.
5. Untuk mendeskripsikan peningkatan (perbedaan selisih rata-rata) hasil belajar siswa sebelum dan setelah diimplementasikan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA.
6. Untuk mendeskripsikan persepsi (respon) siswa terhadap media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII MIPA SMA yang dikembangkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang terkait, antara lain:

1. Bagi siswa, hasil penelitian pengembangan ini diharapkan dapat memberikan stimulus dan motivasi kepada siswa dalam belajar kimia, memberikan pengalaman dan suasana belajar yang baru, menjadikan belajar siswa lebih menarik dan menyenangkan, sehingga dapat meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa sesuai yang diharapkan.
2. Bagi guru, sebagai bahan masukan terkait pemanfaatan media pembelajaran berbasis metode komputasi dalam mempermudah penyampaian materi kimia sehingga dapat membantu siswa dalam meningkatkan pemahaman dan kemampuan siswa, serta sebagai pertimbangan bagi guru dalam merencanakan model dan media pembelajaran yang dapat mendukung kesuksesan, efektivitas dan efisiensi pelaksanaan pembelajaran di dalam kelas.

3. Bagi sekolah, hasil penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat memberikan sumbangan positif dan menjadi masukan bagi pihak sekolah dalam mensosialisasikan pengembangan media pembelajaran yang tepat dan sesuai dengan karakteristik mata pelajaran serta kebutuhan siswa.

1.7 Defisini Operasional

Untuk menghindari kekeliruan dalam menginterpretasikan berbagai istilah dalam penelitian ini maka perlu diberikan definisi operasional sebagai berikut:

1. Media pembelajaran merupakan media yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan, merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan kemauan siswa sehingga dapat merangsang terjadinya proses belajar yang disengaja, bertujuan dan terkendali (Sadiman et al., 2018).
2. Media yang dikembangkan adalah media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi. Kimia komputasi merupakan cabang ilmu kimia yang memakai hasil kimia teori yang diterjemahkan dalam program komputer untuk menghitung sifat-sifat molekul dan perubahannya maupun mensimulasikan suatu struktur kimia besar (makromolekul), dan mengaplikasikan program tersebut pada sistem kimia nyata.
3. Aplikasi atau *software* yang digunakan pada penelitian ini adalah *software NWChem, Avogadro, dan Jmol*.
 - a. *NWChem* adalah paket *software* untuk kimia komputasi pada sistem komputasi parallel masif yang dikembangkan kelompok kimia komputasi berkinerja tinggi untuk laboratorium ilmu molekuler lingkungan dan dipakai untuk optimasi suatu molekul.
 - b. *Avogadro* merupakan aplikasi visualisasi dan editor molekul yang digunakan dalam bidang komputasi yang dapat membawa siswa lebih memahami pemodelan molekul, mengungkapkan rincian di tingkat mikroskopis, dan membantu siswa memahami dengan lebih baik tentang hukum kimia, sifat kimia, reaksi kimia, dan fenomena kimia lainnya.
 - c. *Jmol* adalah perangkat lunak komputer untuk pemodelan struktur kimia dalam bentuk 3D serta menampilkan representasi 3D dari molekul yang dapat digunakan sebagai alat pembelajaran.