



Pengembangan media pembelajaran berbasis metode komputasi pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit

Annisa Sabbilla Harahap¹, Erlin Karya Kasih Hia², Asep Wahyu Nugraha³

^{1,2,3}Universitas Negeri Medan

¹annisasabbila@gmail.com

Info Artikel :

Diterima :
15 Juni 2022
Disetujui :
20 Juni 2022
Dipublikasikan :
25 Juni 2022

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk menentukan hasil analisis kebutuhan dan kelayakan media pembelajaran berbasis metode komputasi pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit dan disajikan dengan menggunakan Macromedia Flash 8. Penelitian ini menggunakan instrument non tes, instrument non tes yang digunakan berupa Lembar Validasi yang telah memenuhi standar BSNP oleh validator. Hasil analisis kebutuhan diperoleh informasi bahwa tidak ada buku khusus yang menjadi buku panduan dan media yang digunakan hanya sebatas power point untuk menyajikan materi pembelajaran, penggunaan metode pembelajaran yang sangat menonjol sehingga membuat siswa sulit untuk memahami materi. Dengan adanya media pembelajaran berbasis visualisasi 3D yang disajikan dengan macromedia flash 8 akan lebih layak untuk memenuhi kebutuhan belajar dan mengajar dikelas. Persentase rata-rata penilaian validator ahli media pada kelayakan isi yaitu 87,50%, kelayakan penyajian yaitu 86,25%, kelayakan bahasa yaitu 87,50%, aspek kontekstual yaitu 91,66%. Dan untuk persentase penilaian media rata-rata pada aspek pengaruh terhadap strategi yaitu 75,00%, aspek rekayasa perangkat lunakyaitu 80,00% dan aspek tampilan visual dan audio yaitu 85,00%. Mengenai data tersebut diketahui bahwa media pembelajaran berbasis kimia komputasi yang disajikan dengan macromedia flash 8 layak untuk digunakan.

Kata kunci : Media Pembelajaran Visualisasi 3D, NWChem, Komputasi, Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the results of the analysis of the needs and feasibility of learning media based on computational methods on electrolyte and non-electrolyte solutions and presented using Macromedia Flash 8. This study used a non-test instrument, the non-test instrument used was a Validation Sheet that met BSNP standards by validators. The results of the needs analysis obtained information that there was no special book that became a guidebook and the media used was only limited to power points to present learning material, the use of learning methods that were very watchful so that it made it difficult for students to understand the material. With the existence of 3D visualization-based learning media presented with Macromedia Flash 8, it will be more feasible to meet the needs of learning and teaching in the classroom. The average percentage of media expert validator's assessment on content feasibility is 87.50%, presentation feasibility is 86.25%, language feasibility is 87.50%, contextual aspect is 91.66%. And the average percentage of media assessment on the aspect of influence on the strategy is 75.00%, the software engineering aspect is 80.00% and the visual and audio display aspect is 85.00%. Regarding the data, it is known that the computational chemistry-based learning media presented with Macromedia Flash 8 is feasible to use.

Keywords: 3D visualization learning media, NWChem, Computing, Electrolyte and Non-Electrolyte Solutions



©2022 Penulis. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Peranan media pembelajaran dalam proses belajar dan mengajar merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dari dunia pendidikan. Media pembelajaran merupakan salah satu alat bantu mengajar bagi guru untuk menyampaikan materi pengajaran, meningkatkan kreativitas siswa dan meningkatkan perhatian siswa dalam proses belajar (Tafonao,2018).

Ilmu kimia adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang materi yang meliputi struktur, susunan, sifat, dan perubahan materi serta energy yang menyertainya. Ilmu kimia juga merupakan bagian dari ilmu pengetahuan (sains) yang mempelajari komposisi materi, perubahan dan energy yang menyertai perubahan materi (Suryani, dkk, 2018).

Kimia komputasi juga disebut kimia teoretis atau pemodelan molekul, yang juga merupakan bidang sains kuno dan modern. Dikatakan kuno dalam arti bahwa fondasinya diletakkan dalam pengembangan mekanika kuantum pada abad ke-20. Sementara itu, dianggap modern karena dalam sejarahnya masih belum ada teknologi yang berkembang pesat di bidang komputer selama 35 tahun terakhir. Komputer digital menjadi alat bagi ahli kimia yang memiliki keunggulan dalam praktik lapangan seperti mengembangkan dan menerapkan metode teoritis (Cramer, 2004). Dalam menggunakan kimia komputasi, ada banyak aplikasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman siswa, seperti penggambaran pemodelan molekul, yang meningkatkan pemahaman siswa tentang eksperimen laboratorium dalam kimia organik. (Montgomery, 2001).

Perhitungan kimia komputasi menggunakan Gaussian 09 Revisi D 01 dan visualisasi menggunakan software Jmol dan Avogadro. Berdasarkan pada analisis data termodinamika dari perhitungan kimia komputasi dengan fungsi / basis set UHF/3-21G dan B3LYP/3-21G, ditemukan bahwa campuran -karoten-etanol dan karoten-metanol memiliki campuran yang sangat stabil (Nugraha, dkk, 2020).

Program animasi dan visualisasi dalam kimia komputasi dapat menggunakan perangkat lunak *Jmol Marvib, Chemdraw dan Avogadro*, dalam aplikasi ini materi larutan elektrolit dan non elektrolit dapat divisualisasikan secara nyata. Menurut Frailich (2009), kegiatan yang mengintegrasikan alat visualisasi dengan strategi pembelajaran aktif dan kooperatif dapat membangun pengetahuan peserta didik tentang konsep ikatan kimia. *NWChem* adalah paket perangkat lunak untuk kimia komputasi pada sistem komputasi parallel massif yang di kembangkan oleh kelompok kimia komputasi berkinerja tinggi untuk laboratorium ilmu molekuler lingkungan (Kendall, dkk. 2000). Berdasarkan pra-penelitian yang telah dilakukan data menunjukkan bahwa sekitar 55,56% peserta didik SMA Negeri 3 Sidoarjo mengatakan kimia merupakan pelajaran ulit dan sebanyak 58,33% peserta didik mengatakan bahwa kimia itu membosankan. Dengan pembelajaran berbasis teknologi diharapkan dapat membantu proses belajar menjadi lebih menarik, menyenangkan serta mudah digunakan oleh pendidik.

Materi kimia merupakan salah satu mata pelajaran peminatan kelompok C dalam kurikulum 2013. Mata pelajaran peminatan kelompok C merupakan program kurikuler yang bertujuan untuk mengembangkan kompetensi sikap, pengetahuan, dan kompetensi keterampilan sesuai minat, bakat, dan/atau kemampuan akademik dalam sekelompok mata pelajaran keilmuan (Kurniawan,Hidayah, 2020). Materi kimia dari yang mudah dipahami hingga tingkat yang sulit metode kimia komputasi fleksibel dapat dijelaskan dengan baik dalam kimia komputasi melalui beberapa perangkat lunak seperti *NwChem* , *Hyperchem* , dan *Chemsketch* (Fortenberry, 2015). Melalui penerapan *Jmol*, *Marvin Sketch*, *Chemdraw* dan *Avogadro* melalui program animasi dan dapat dijelaskan dalam kimia komputasi, materi kerangka isomer struktural dapat dijelaskan. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Nugraha AW,dkk, 2021) perhitungan menggunakan HartreeFock (HF) dan Density Functional Theory (DFT) dengan metode UHF, B3LYP, dan TPSSh serta base set 3-21G, 6-31G(d), dan TZVP.

Fungsi media dalam pengajaran dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebagai alat peraga (*teaching aids*) dan sebagai alat bantu yang dapat digunakan untuk belajar mandiri tanpa bantuan guru (*self-learning aids*). Media sebagai sarana pengajaran mengandung pengertian bahwa penggunaan media tergantung pada guru. Contoh media sebagai alat bantu pengajaran misalnya, kapur, papan tulis, peta, bola dunia dan bagan dsb (Gafur.,2012). Nugraha , dkk (2019) dalam penelitiannya tentang struktur dan rumus molekul kompleks Fe(II)1,2,4-H-triazol telah diprediksi dengan menggunakan metode Hartree-Fock (HF) dan Density Functional Theory (DFT). Hasil komputasi pada fungsi hybrid / basis set B3LYP / 6-31G (d) menginduksi perbedaan energi pembentukan $[Fe_2(Htrz)(trz)_2]^{2+}$, $[Fe_2(Htrz)_4]^{4+}$, $[Fe_4(Htrz)_8(trz)_4]^{4+}$, $[Fe(Htrz)_{12}]^{8+}$, $[Fe(Htrz)_{12}(trz)_6]^{6+}$, dan $[Fe_6(Htrz)_{18}]^{12+}$ kompleks menjadi -5613.38 , -3082.67 , -11013.19 , -147.40, -16101.36 , dan -6825,09 kJ / mol.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan perangkat keras computer dengan spesifikasi 1 unit komputer, processor tipe Intel CoreTM i3-600T CPU 3.20GHZ, RAM 4.00 GB dan sistem tipe 64-bit Oprating system Linux. Adapun perangkat lunak yang digunakan metode kimia komputasi adalah *NWChem* versi 6.6 digunakan untuk optimasi geometri terhadap bentuk molekul, selanjutnya hasil perhitungan komputasi senyawa divisualisasikan menggunakan perangkat lunak Avogadro versi 1.1.1 for Windows

7 Jmol versi 14.28.29 for Windows. Metode komputasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Hartree-Fock (HF) dengan basis set 3-21G dan disajikan dengan *Macromedia Flash 8*.

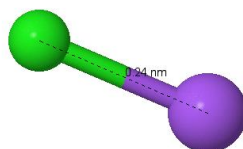
Software NWChem adalah software yang digunakan untuk optimasi suatu molekul. Optimasi molekul dilakukan untuk meminimisasi energi agar diperoleh konformasi struktur molekul terstabil. *Software NWChem* juga berguna untuk menginput data yang berasal dari *software Avogadro* (Nindia, dkk, 2017). Avogadro memiliki ramah antarmuka grafis yang dapat dengan mudah dimanipulasi oleh pengguna untuk melihat struktur molekul dari berbagai sudut, dalam tiga dimensi. Software ini dapat membawa siswa lebih dekat dengan molekul, mengungkapkan rincian di tingkat mikroskopis, dan membawa mereka lebih dekat dengan pemahaman yang lebih baik tentang hukum kimia, sifat kimia, reaksi kimia, dan fenomena kimia lainnya. (Rayan, 2017).

Aplikasi Jmol digunakan untuk menampilkan model molekul beberapa senyawa. Jmol adalah perangkat lunak komputer bagi pemodelan struktur kimia dalam 3-dimensi. Jmol menampilkan representasi 3D dari molekul yang dapat digunakan sebagai alat pengajaran atau untuk penelitian seperti dalam kimia dan biokimia. Perangkat lunak ini ditulis dalam bahasa pemrograman Java, sehingga dapat beroperasi pada sistem operasi windows, macOS, Linux, serta Unix, jika Java telah terpasang. Desain pembelajaran yang dikembangkan dengan metode Analyze, Design, Development, Implement, and Evaluate (ADDIE) menjelaskan proses penerapan desain instruksional untuk menghasilkan pembelajaran yang diinginkan. Bagian ini menyajikan tinjauan umum tentang tujuan, prosesur, dan hasil yang umumnya dikaitkan dengan masing-masing dari lima tahap ADDIE.

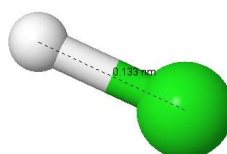
Dari ke lima tahap model tersebut peneliti melaksanakan 3 tahap saja yaitu Analyze, Design, dan Development (pengembangan). Dalam penelitian ini telah dikembangkan hasil produk media pembelajaran yang layak digunakan untuk kegiatan belajar mengajar pada materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit. Pada tahap analisis yang meliputi kebutuhan, analisis kebutuhan, dan analisis terhadap validasi media. Analisis kebutuhan mencakup kegiatan belajar mengajar kimia di kelas dan pengamatan terkait kelengkapan fasilitas penunjang pembelajaran di sekolah. Tahap perancangan meliputi perancangan produk media pembelajaran dan visualisasi hasil perhitungan komputasi dan animasi menggunakan software *NWChem*, *Jmol*, dan *Macromedia Flash 8*. Tahap pengembangan ini adalah tahap pembuatan media dengan menggunakan komponen-komponen yang telah diuraikan pada tahap perancangan sehingga menjadi produk berupa media visualisasi 3D dan animasi pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit dalam bentuk macromedia flash 8.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan kimia komputasi menggunakan fungsi / basis set HF/3- 21 G divisualisasikan menggunakan perangkat lunak Jmol. Struktur hasil visualisasi untuk senyawa NaCl dan senyawa HCl yang merupakan elektrolit kuat di kemukakan pada **Gambar 1** dan **2**

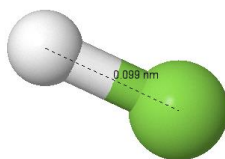


Gambar 1. Unsur senyawa NaCl

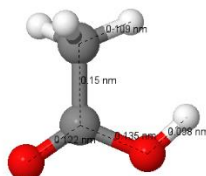


Gambar 2 Unsur senyawa HCl

Struktur hasil visualisasi untuk senyawa HF dan CH₃COOH yang merupakan elektrolit lemah yang dikemukakan pada **Gambar 3** dan **4**

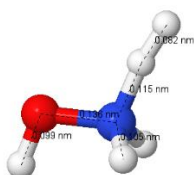


Gambar 3. Unsur senyawa HF

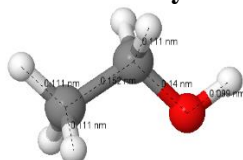


Gambar 4. Unsur senyawa CH₃COOH

Struktur hasil visualisasi untuk senyawa NH₄OH dan C₂H₅OH yang merupakan non elektrolit yang dikemukakan pada Gambar 5 dan 6



Gambar 5. Unsur senyawa NH₄OH



Gambar 6. Unsur senyawa C₂H₅OH

Pembuatan produk media pembelajaran

Berikut adalah tampilan produk media pembelajaran yang telah di buat:

1. Tampilan Menu

Menu-menu tersebut terdiri dari petunjuk penggunaan media pembelajaran, indicator, tujuan, materi, rangkuman dan evaluasi. Tampilan menu awal dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Menu Awal

2. Tampilan Petunjuk

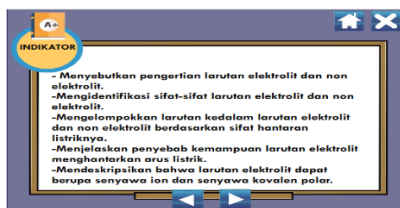
Menu petunjuk menjelaskan arti dari simbol simbol yang tersedia untuk digunakan dalam pengoperasian media pembelajaran pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Isi dari Menu Petunjuk

3. Tampilan Indikator

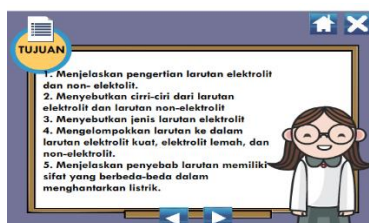
Menu indikator berisi tentang indikator pembelajaran yang ingin dicapai pada proses pembelajaran dari materi larutan elektrolit dan non elektrolit. Tampilan dari menu indikator dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan dari menu indikator

4. Tampilan Tujuan Pembelajaran

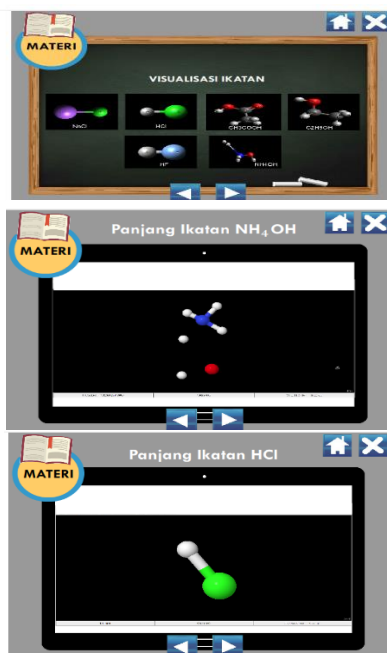
Menu tujuan pembelajaran berisi tentang tujuan yang ingin dicapai akhir pembelajaran pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit berdasarkan silabus kurikulum 2013. Tampilan menu tujuan pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Isi dari Menu Tujuan

5. Tampilan Materi

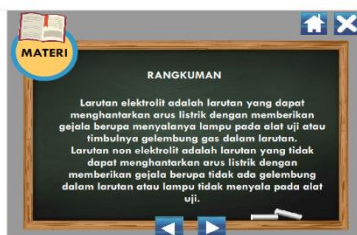
Menu materi berisi tentang larutan elektrolit dan non elektrolit dilengkapi dengan visualisasi 3D dari senyawa larutan elektrolit dan non elektrolit serta animasi senyawa larutan elektrolit dan non elektrolit. Berikut tampilan dari menu materi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Isi dari Menu Materi

6. Tampilan Rangkuman

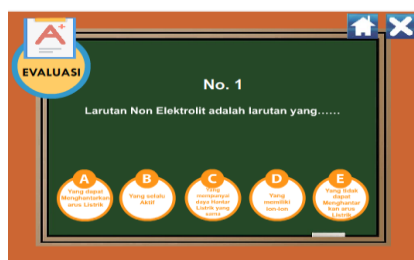
Menu rangkuman berisi tentang inti dari materi larutan elektrolit dan non elektrolit yang diuraikan dalam bentuk poin poin untuk memudahkan siswa dalam memahami konsep materi. Tampilan dari menu rangkuman dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Isi dari Menu Rangkuman

7. Tampilan Evaluasi

Menu evaluasi berisi soal-soal untuk menguji sejauh mana kemampuan siswa dalam memahami konsep materi larutan elektrolit dan non elektrolit. Soal terdiri dari 10 soal. Tampilan dari menu evaluasi dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan Isi dari Menu Evaluasi

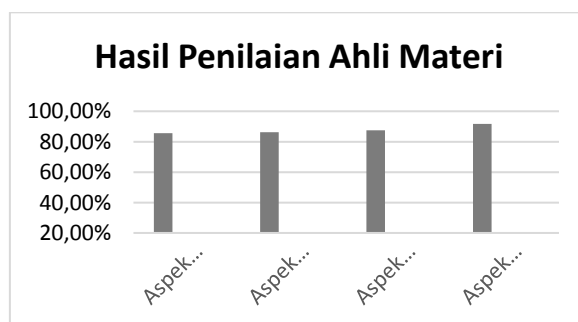
Hasil Data Validasi

Validasi yang dilakukan oleh ahli materi bertujuan untuk menilai topik materi yang telah disusun dan dimuat didalam media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit. Pada penilaian materi ditinjau dari aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian dan kelayakan kebahasaan bahan ajar oleh Badan standar Nasional Pendidikan (BNSP) serta aspek kontekstual pada Tabel 3. berikut:

Tabel 1 Hasil Dari Ahli Materi

No	Aspek Penilaian	Jumlah Nilai	Presentasi Nilai	Kualifikasi
1	Aspek Kelayakan Isi	89	85,57%	Sangat Layak
2	Aspek Kelayakan Penyajian	69	86,25%	Sangat Layak
3	Aspek Kelayakan Bahasa	70	87,50%	Sangat Layak
4	Aspek Kontekstual	66	91,66%	Sangat Layak
Total		294	87,50%	Sangat Layak

Secara keseluruhan dari keempat aspek penilaian materi diperoleh nilai total sebesar 294 dengan presentase total sebesar 87,5% tergolong dalam rentang presentase 81% - 100% sehingga media pembelajaran berbasis metode kimia komputasi yang di implementasi kan melalui macromedia flash 8 ini masuk kedalam kategori sangat layak. Diagram batang hasil dari validasi ahli materi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 1 Diagram Hasil Penilaian Ahli Materi

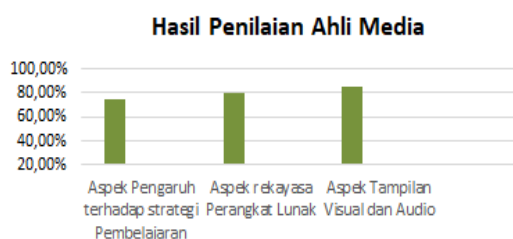
Validasi yang dilakukan oleh ahli media bertujuan untuk menilai produk media pembelajaran berbasis metode kimia komputasi pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit. Pada penilaian media

ditinjau dari aspek pengaruh terhadap strategi pembelajaran, aspek rekayasa perangkat lunak dan aspek tampilan visual dan audio pada **Tabel 4**.

Tabel 2 Hasil Validasi Dari Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Jumlah Nilai	Presentasi Nilai	Kualifikasi
1	Aspek Pengaruh Terhadap Strategi Pembelajaran	15	75,00%	Layak
2	Aspek Rekayasa Perangkat Lunak	16	80,00%	Layak
3	Aspek Tampilan Visual dan Audio	17	85,00%	Sangat Layak
Total		48	80,00%	Layak

Secara keseluruhan dari ketiga aspek penilaian diperoleh nilai total sebesar 48 dengan presentase sebesar 80,00% tergolong kedalam rentang presentase 61% - 80%, sehingga media pembelajaran berbasis visual dan animasi molekul ini tergolong dalam kategori sangat layak. Berikut diagram batang hasil dari validasi ahli media dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 2 Hasil Penilai Ahli Media

Pembahasan

Berdasarkan dari hasil penelitian, berikut uraian pembahasan yang mencakup penyajian dan analisis yang telah dilakukan terhadap produk pengembangan media pembelajaran. Pembuatan produk media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul melalui 3 tahap yaitu *analysis* (analisis), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan). Pembuatan produk media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul ini menggunakan *software NWChem* versi 6.6 dengan menggunakan fungsi/basis set UHF/3-21G. Setelah perhitungan komputasi senyawa larutan elektrolit dan non elektrolit selesai dilakukan visualisasi 3D senyawa menggunakan *software Jmol*.

Hasil penilaian validator ahli materi berdasarkan angket validasi menunjukkan presentase keseluruhan 87,50% dengan keterangan sangat layak. Sedangkan hasil validasi ahli media berdasarkan angket validasi menunjukkan presentase keseluruhan sebesar 80,00% dengan keterangan layak, hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis metode komputasi visualisasi 3D dan animasi molekul yang telah dikembangkan sangat layak untuk digunakan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Marwan G.A (2022) Pada hasil validasi yang dilakukan pada pengembangan media pembelajaran dengan metode komputasi pada sub pokok bahasan haloalkana di SMA yang dilakukan berdasarkan BSNP dan dilakukan penilaian oleh validator ahli materi dan validator ahli media. Berdasarkan penilaian validator ahli materi didapatkan presentase rata-rata 88,18% maka dilihat dari besarnya presentase yang didapat dapat disimpulkan bahwa materi pada media pembelajaran sangat layak untuk digunakan.

Media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul ini dapat digunakan dengan mudah melalui PC. Secara keseluruhan media visualisasi 3D dan animasi molekul yang dikembangkan sudah baik namun tetap memiliki keterbatasan didalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis kebutuhan diperoleh informasi bahwa tidak ada buku khusus yang menjadi buku panduan dan media yang digunakan hanya sebatas power point untuk menyajikan materi pembelajaran, penggunaan metode pembelajaran yang sangat menonton sehingga membuat siswa sulit untuk memahami materi. Dengan ada nya media pembelajaran berbasis visualisasi 3D yang disajikan dengan macromedia flash 8 akan lebih layak untuk memenuhi kebutuhan belajar dan mengajar dikelas.
2. Kelayakan dana kesesuaian media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi molekul menggunakan *Software NWChem* pada sub pokok bahasan larutan elektrolit dan non elektrolit di SMA berdasar BSNP berdasarkan penilaian ahli materi memperoleh presentase rata – rata sebesar 87,50%

dengan kategori sangat layak. Sedangkan kelayakan dan kesesuaian media pembelajaran berbasis visualisasi 3D dan animasi bentuk molekul menggunakan *Software NWChem* pada sub pokok bahasan larutan elektrolit dan non elektrolit di SMA berdasarkan BNSP berdasarkan penilaian ahli materi memperoleh presentase rata – rata sebesar 80,00% dengan kategori layak.

DAFTAR PUSTAKA

- Cramer, C. J. (2004). *Essentials of computational chemistry: theories and models*. John Wiley & Sons.
- Frailich, M., dkk. (2009). Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(3), 289-310.
- Fortenberry, dkk. (2015). PSI4Education: Computational Chemistry Labs Using Free Software. *The Promise of Chemical Education: Addressing our Students Needs*, 1193, 85-98.
- Gafur, A. (2012). *Desain Pembelajaran: Konsep, Model, dan Aplikasinya dalam Perencanaan Pelaksanaan Pembelajaran*. Yogyakarta: Ombak.
- Kendall, R. A., dkk (2000). High performance computational chemistry: An overview of NWChem a distributed parallel application. *Computer Physics Communications*, 128(1-2), 260-283.
- Kurniawan, A. B., Hidayah, R. (2020). Validitas Permainan Zuper Abase Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Asam Basa. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 9(1):63-70.
- Nindia, A., & Gunawan, R. (2017). Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur Dan Aktivitas Antinoseptif Senyawa Flavonoid Pada Daun Muntingia CalaburaL. Menggunakan Metode Perhitungan Hartree Fock. *In Prosiding Seminar Kimia* (pp. 222-227).
- Nugraha. A. W., Onggo. D., & Martoprawito. M. A. (2019). Theoretical Study on Structure Prediction and Molecular Formula Determination of Polymeric Complexes Comprising Fe(II) and 1,2,4-H-Triazole Ligand. *Russian Journal of inorganic chemistry*. 64(6):775-761.
- Nugraha. A. W., Zainuddin. M., Iis. S. J., Ani. S., Haqqi. A. N., & Atthar. L. I. (2020). The Study of Stability and Structure of the Interaction Between β -Carotene Compounds with Methanol, Ethanol, Acetone, Chloroform, Carbon Tetrachloride, Cyclohexane, and N-Hexane using the Hartree-Fock and the Density Functional Theory Method. *Journal of Physics: Conference Series*. 1819 012055.
- Raharja, R. A., Yuniyanto, A., Widiantoro, W., & Wiryana, I. M. (2001). Pengenalan Linux. *Journal Open Source Campus Agreement*, 7.
- Rayan, B., & Rayan, A. (2017). Avogadro Program for Chemistry Education: To What Extent can Molecular Visualization and Three-dimensional Simulations Enhance Meaningful Chemistry Learning. *World Journal of Chemical Education*, 5(4), 136-141.
- Suryani, N., dkk. (2018). *Media Pembelajaran Inovatif dan Pegembangannya*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 1-55.
- Tafonao, T. (2018). Peranan Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2).
- Marwan, A. G., & Nugraha, A. W. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Menggunakan Metode Komputasi pada Sub Pokok Bahasan Haloalkana di SMA. *Humantech: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(7), 927-934.