

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Perhitungan Kimia Komputasi pada Materi Senyawa Turunan Alkana Kelas XII SMA

Syafrialdi Azwar Harahap¹, Asep Wahyu Nugraha², Ajat Sudrajat³

^{1,2,3}Universitas Negeri Medan, Indonesia

¹syafrialdi.azwar.hrp@gmail.com

Abstrak

Senyawa turunan alkana merupakan salah satu materi kimia yang dapat dibuat menarik untuk dipelajari, namun faktanya materi tersebut termasuk materi yang dianggap sulit oleh sebagian siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA. Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan dengan menggunakan model ADDIE. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XII SMA Negeri 2 Kotapinang. Instrumen yang digunakan yaitu lembar validasi ahli, lembar observasi, angket dan instrumen tes. Teknik analisis data menggunakan analisis kelayakan, analisis kepraktisan dan analisis keefektifan dengan uji *One-Sample T-Test* dan *Paired-Sample T-Test*. Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk pembelajaran berupa media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang layak, praktis dan efektif digunakan dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa. Temuan penelitian ini membawa implikasi bahwa untuk menciptakan proses pembelajaran kimia yang bermakna dan memudahkan siswa mengkonstruksi pengetahuan dan pikirannya terhadap konsep kimia yang abstrak, haruslah diawali dengan mengembangkan media pembelajaran salah satunya dengan mengembangkan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi.

Kata kunci: Pengembangn, Media, Perhitungan Kimia Komputasi, Senyawa Turunan Alkana

Pendahuluan

Manusia sejak lahir menggunakan kemampuan berpikirnya untuk menjawab beragam tantangan di sekitarnya baik alam, budaya maupun sosial (Kristiyono, 2018). Kemampuan berpikir siswa dapat dilatih melalui belajar kimia yang merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mencakup konsep, aturan, hukum, prinsip, dan teori (Panggabean et al., 2022). Namun faktanya, kemampuan berpikir siswa dalam belajar kimia masih rendah yang terlihat dari 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. Salah satu materi kimia yang bersifat abstrak dan dianggap sulit oleh sebagian besar siswa adalah materi senyawa turunan alkana. 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 (Suhanda & Suryanto, 2020).

Untuk membantu siswa dalam memahami materi kimia terutama materi senyawa turunan alkana, maka guru dituntut untuk mampu memilih model dan media pembelajaran yang tepat dan sesuai dengan karakteristik materi yang diajarkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan 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). 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. Penggunaan media komputer dapat menjadi alternatif karena dapat mengintegrasikan animasi molekuler dan video demonstrasi (Purba et al., 2021).

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, ilmu kimia saat ini juga telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dengan munculnya ilmu kimia baru yaitu kimia komputasi yang merupakan cabang ilmu kimia yang menggunakan 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). Beberapa penelitian terdahulu yang relevan juga menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis kimia komputasi sangat bermanfaat bagi guru dan siswa guna mengoptimalkan pembelajaran di tingkat SMA (Hadisaputra et al., 2017), layak dan praktis digunakan dalam pembelajaran (Arifani et al., 2021) (Alifani et al., 2022), (Harahap et al., 2022), serta berpengaruh terhadap motivasi belajar siswa (Nababan & Pratiwi, 2023).

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); dapat dijadikan jembatan dalam kesulitan pemahaman struktur atau model molekul (Maahury et al., 2023); meningkatkan pemahaman siswa tentang eksperimen laboratorium dalam kimia organik (Harahap et al., 2022); 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).

Perlu dilakukan pengembangan media pembelajaran yang dapat membantu siswa dalam memahami materi senyawa turunan alkana. Media pembelajaran yang akan dikembangkan berbasis perhitungan kimia komputasi menggunakan *software Avogadro*, *NWChem* dan *Jmol*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana yang layak, praktis dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran dalam upaya meningkatkan capaian hasil belajar kimia siswa. Penelitian ini secara *state of the art* memiliki kebaruan dimana belum ada penelitian pengembangan media pembelajaran berbasis perhitungan komputasi kimia pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA untuk meningkatkan hasil belajar kimia siswa serta model pengembangan menggunakan model ADDIE.

Method

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan (R&D), dan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*). Subjek pada penelitian dan pengembangan ini terdiri dari validator ahli materi dan validator ahli media (Dosen dan Guru Kimia), serta sebanyak 60 siswa kelas XII SMAN 2 Kotapinang sebagai sampel penelitian yang ditentukan dengan teknik *cluster random sampling*. Produk yang

dikembangkan adalah media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA. Teknik dan instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu: lembar angket validasi ahli, angket respon siswa, dan instrumen tes hasil belajar kimia. Teknik analisis data yang digunakan meliputi: analisis kelayakan, analisis kepraktisan, dan analisis keefektifan produk.

Kelayakan (validitas) produk yang dikembangkan dapat dilihat dari penilaian oleh validator ahli materi dan validator ahli media. Kelayakan produk pada aspek materi meliputi: aspek kelayakan isi (materi), kelayakan penyajian, dan kelayakan bahasa menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (BNSP). Kelayakan produk pada aspek media (desain) meliputi: aspek kebahasaan, rekayasa perangkat lunak, serta kelayakan tampilan visual dan audio menurut BNSP. Kepraktisan produk dilihat dari data lembar observasi pelaksanaan pembelajaran di dalam kelas dan data angket siswa. Keefektifan produk diperoleh dari data tes hasil belajar (pretes dan postes), serta pengujian secara statistik menggunakan uji *One-Sample T-Test* dan uji *Paired Sampel T-Test* dengan bantuan program SPSS.

Hasil

Analisis Kelayakan Media

Kelayakan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi yang dikembangkan dianalisis berdasarkan hasil penilaian oleh validator ahli materi dan ahli media.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Analisis Kelayakan Media

Validator Ahli	Rata-rata Skor Total	Kriteria
Ahli Materi	4,75	Layak
Ahli Media	4,53	Layak

Hasil validasi/penilaian oleh validator ahli materi (4,75) maupun validator ahli media (4,53) rata-rata tergolong kriteria layak. Dengan demikian disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan layak untuk digunakan dan diimplementasikan pada pembelajaran di dalam kelas.

Analisis Kepraktisan Media

Kepraktisan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi yang dikembangkan dianalisis berdasarkan hasil observasi pelaksanaan pembelajaran oleh guru menggunakan media yang dikembangkan dan hasil angket siswa.

Tabel 2. Rangkuman Hasil Analisis Kepraktisan Media

Sumber Data	Rata-rata Skor Total	Kriteria
Hasil Observasi Pelaksanaan Pembelajaran	4,55	Praktis
Hasil Angket Siswa	4,11	Praktis

Hasil observasi pelaksanaan pembelajaran oleh guru menggunakan media yang dikembangkan (4,55) maupun hasil angket siswa (4,53) rata-rata tergolong kriteria praktis. Dengan demikian disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan praktis untuk digunakan pada pembelajaran di dalam kelas.

Analisis Keefektifan Media

Keefektifan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi yang dikembangkan dianalisis berdasarkan hasil belajar kimia siswa (pretes dan postes) serta pengujian secara statistik menggunakan pendekatan *One-Sample T-Test* dan pendekatan *Paired Sample T-Test*.

Tabel 3. Rangkuman Data Hasil Belajar Kimia Siswa

Data	N	Mean	Kolmogorov-Smirnov Test	Sig.	Kriteria
Pretes	60	42,87	1,183	0,121	Normal
Postes	60	82,07	1,092	0,184	Normal

Tabel 3 menunjukkan adanya peningkatan rata-rata hasil belajar siswa berdasarkan rata-rata hasil pretes (42,87) dan rata-rata hasil postes (82,07) serta hasil uji *Kolmogorov-Smirnov Test* menunjukkan bahwa data pretes maupun data postes siswa berdistribusi normal (telah memenuhi kriteria normalitas).

Tabel 4. Hasil Uji Keefektifan Media

Uji	Data	N	t	df	Sig.	Kriteria
One-Sample T-Test	Postes	60	12,476	59	0,000	Signifikan
Paired- Sample T-Test	Pretes-Postes	60	41,906	59	0,000	Signifikan

Tabel 4 menunjukkan hasil uji *One-Sample T-Test* pada data postes diperoleh nilai t sebesar 12,476 dengan nilai Sig. sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti rata-rata hasil belajar siswa (*postes*) setelah diterapkan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana lebih besar dari 70 (nilai KKM) atau telah memenuhi kriteria efektif. Hasil uji *Paired-Sample T-Test* pada data pretes dan postes diperoleh nilai t sebesar 41,906 dengan nilai Sig. sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti terdapat peningkatan rata-rata hasil belajar kimia siswa secara signifikan setelah diberikan pembelajaran dengan menggunakan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi. Dengan demikian disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan efektif digunakan dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa.

Pembahasan

Produk pembelajaran yang dikembangkan pada penelitian ini adalah media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA. Hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan melalui model ADDIE menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan telah memenuhi kriteria layak, praktis dan efektif diterapkan pada kegiatan pembelajaran di dalam kelas untuk meningkatkan hasil belajar siswa.

Media pembelajaran dikatakan layak berarti media pembelajaran yang dikembangkan layak untuk digunakan sebagai media pada kegiatan pembelajaran di dalam kelas. Media pembelajaran termasuk kriteria layak jika materi yang terdapat dalam media sesuai dengan pengetahuan *state of the art* dan semua komponen dalam media pembelajaran terhubung secara konsisten. Tingkat kelayakan media yang dikembangkan diketahui dari hasil validasi atau penilaian validator ahli materi meliputi kelayakan isi, penyajian dan kelayakan bahasa sesuai standar BSNP. Temuan dan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, juga mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Siregar & Harahap (2020); Arifani et al (2021); Harahap et al (2022); Marwan & Nugraha (2022); serta penelitian Nilmarito et al (2022); yang secara umum menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis metode atau perhitungan kimia komputasi berdasarkan BSNP dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran.

Selanjutnya media pembelajaran yang dikembangkan dikatakan praktis karena mudah, efisien dan dapat digunakan dan diterapkan dalam kegiatan pembelajaran serta sesuai dengan kebutuhan dan harapan di lapangan yaitu untuk meningkatkan pemahaman dan kemampuan siswa. Kepraktisan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan juga sesuai dengan konsistensi hasil

angket siswa serta hasil pengamatan pelaksanaan pembelajaran di dalam kelas yang telah memenuhi kriteria praktis. Temuan dan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, juga sejalan dan mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arifani et al (2021), yang menunjukkan bahwa modul berbasis kimia komputasi pada asam basa yang dikembangkan sangat praktis diterapkan dalam pembelajaran. Hasil penelitian Alifani et al (2022), juga menunjukkan bahwa modul praktikum mandiri berbasis kimia komputasi pada pokok bahasan sistem periodik unsur yang dikembangkan praktis sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran mandiri.

Lebih lanjut media pembelajaran dikatakan efektif berarti media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan telah mencapai sasaran yang diharapkan. Keefektifan diukur berdasarkan ketercapaian tujuan pembelajaran serta diperoleh melalui evaluasi hasil belajar siswa. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata hasil belajar siswa (postes) setelah diterapkan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana lebih besar dari nilai KKM (< 70) serta pengujian secara statistik menggunakan uji *One-Sample T-Test* diperoleh nilai Sig. sebesar $0,000 < 0,05$; serta hasil uji *Paired-Sample T-Test* diperoleh nilai Sig. sebesar $0,000 < 0,05$. Temuan dan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, juga sejalan dan mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hasibuan et al (2020); Siregar & Harahap (2020); Chongo et al (2021); Nilmarito et al (2022); serta penelitian Wildayani et al (2023), yang menunjukkan bahwa modul maupun media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi efektif digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Kesesuaian penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu dikarenakan penggunaan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi bersifat fleksibel dan hampir semua materi kimia baik pada level yang sederhana maupun dengan level kesulitan yang tinggi dapat dimodelkan dengan baik melalui kimia komputasi. Gambar animasi termasuk pemodelan molekul yang ada juga dapat membantu siswa mengingat materi yang dipelajari, menumbuhkan minat dan motivasi belajar siswa serta dapat membantu siswa mengerjakan tugas-tugas dengan baik sehingga efektif digunakan dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa.

Temuan penelitian ini membawa implikasi bahwa untuk menciptakan proses pembelajaran kimia yang bermakna, melibatkan siswa aktif dalam belajar, serta memudahkan siswa mengkonstruksi pengetahuan dan pikirannya terhadap konsep kimia yang abstrak, haruslah diawali dengan mengembangkan media pembelajaran yang layak, praktis dan efektif diterapkan dalam proses pembelajaran di dalam kelas, salah satunya dengan mengembangkan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi. Kimia komputasi juga dapat dijadikan jembatan dalam kesulitan pemahaman struktur atau model molekul. Keuntungan lain penggunaan media kimia komputasi sebagai alternatif media pembelajaran kimia adalah biayanya murah, memiliki tingkat akurasi yang tinggi, mempersingkat waktu praktek, tidak berbahaya, dan dapat meningkatkan pemahaman terhadap materi kimia secara optimal.

Pengembangan dan penerapan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi sangat bermanfaat bagi guru dan siswa untuk mengoptimalkan proses pembelajaran kimia terutama di tingkat SMA, menumbuhkan motivasi siswa dalam belajar kimia, serta diharapkan dapat menghapus *mind set* siswa bahwa pelajaran kimia itu sulit dan menakutkan. Oleh karena itu, guru sebagai pendidik yang kompeten hendaknya membekali diri lebih baik lagi dalam memanfaatkan dan mengembangkan media pembelajaran yang inovatif dan mampu menciptakan proses pembelajaran yang interaktif, menyenangkan dan bermakna kepada siswa tanpa mengurangi esensi dari materi pelajaran yang sedang diajarkan.

Pengimplementasian media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang dikembangkan baru dilakukan pada 2 kelas

(60 orang siswa) siswa kelas XII SMA Negeri 2 Kotapinang sehingga perlu dilakukan pengimplementasian pada SMA lainnya untuk mengetahui lebih lanjut tentang kepraktisan dan keefektifan dari media pembelajaran yang telah dihasilkan dalam mengukur dan meningkatkan hasil belajar kimia siswa pada pembelajaran senyawa turunan alkana kelas XII SMA.

Conclusion

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk pembelajaran berupa media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada materi senyawa turunan alkana kelas XII SMA yang telah memenuhi kriteria layak, praktis dan efektif diimplementasikan dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa. Kelayakan media pembelajaran telah terpenuhi secara kualitatif berdasarkan hasil penilaian validator ahli materi dan hasil penilaian validator ahli media menurut standar BSNP. Kepraktisan media pembelajaran terpenuhi berdasarkan konsistensi dua ukuran yaitu hasil pengamat keterlaksanaan pembelajaran dan hasil angket siswa. Keefektifan media pembelajaran terpenuhi secara kuantitatif berdasarkan rata-rata peningkatan hasil belajar siswa serta hasil pengujian statistik dengan nilai sig. sebesar $0,000 < 0,05$. Penelitian yang dilakukan juga telah memajukan pengetahuan ilmiah di bidang pembelajaran kimia terutama pembelajaran berbasis teknologi dan internet melalui pengembangan media berbasis perhitungan kimia komputasi. Dengan demikian perlu adanya inovasi dan penelitian lebih lanjut oleh peneliti selanjutnya terkait pengembangan media pembelajaran berbasis perhitungan kimia komputasi pada tingkatan kelas maupun materi-materi kimia lainnya, sehingga diharapkan dapat menumbuhkan motivasi dan keterlibatan siswa aktif dalam belajar, serta dapat mengoptimalkan proses pembelajaran kimia di dalam kelas.

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh partisipan, Dosen Pascasarjana UNIMED dan Guru Kimia SMAN 1 dan SMAN 2 Kotapinang sebagai validator ahli, siswa kelas XII SMAN 2 Kotapinang, serta pembimbing yang telah berkontribusi dalam pengerjaan penelitian ini.

References

- Aenulyaqin, F., Azizah, L. I., Sa'adah, M., & Mulyanti, S. (2022). Analisis Pola Pembelajaran Alkana dan Sikloalkana pada Jenjang SMA. *Prosiding Seminar Nasional OPPSI*, 80–87.
- Alifani, W., Hakim, A., Sofia, B. F. D., & Idrus, S. W. Al. (2022). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Mandiri Berbasis Kimia Komputasi Pada Pokok Bahasan Sistem Periodik Unsur. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(3b), 1627–1632.
- Arifani, D. Y. M., Savalas, L. R. T., Ananto, A. D., Junaidi, E., & Hadisaputra, S. (2021). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Berbasis Kimia Komputasi pada Materi Asam Basa. *Prosiding SAINTEK LPPM Universitas Mataram*, 3(Januari 2021), 9–10.
- Chongo, S., Osman, K., & Nayan, N. A. (2021). Impact of the Plugged-in and Unplugged Chemistry Computational Thinking Modules on Achievement in Chemistry. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(4), 1–21.
- Hadisaputra, S., Savalas, L. R. T., & Hamdiani, S. (2017). Praktikum Kimia Berbasis Kimia Komputasi Untuk Sekolah Menengah Atas. *J. Pijar MIPA*, XII(1), 11–14. <https://doi.org/10.29303/jpm.v12i1.327>
- Harahap, A. S., Hia, E. K. K., & Nugraha, A. W. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Metode Komputasi pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit.

- Educenter: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(6), 683–690.
- Hasibuan, S. R., Nugraha, A. W., & Damanik, M. (2020). Development of Learning Media Based on Computation Method in Molecular Shape. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 488, 107–112. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201124.026>
- Kristiyono, A. (2018). Urgensi dan Penerapan Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Penabur*, 17(31), 36–46.
- Maahury, M. F., Souhoka, F. A., Latupeirissa, J., & Sapulete, S. M. (2023). Pemanfaatan Avogadro untuk Pengenalan Molekul sederhana pada SMP Negeri 24 Maluku Tengah. *Innovation for Community Service Journal*, 1(1), 5–9.
- 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.
- Nababan, T. M. B., & Pratiwi, L. (2023). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Kimia Komputasi menggunakan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD terhadap Motivasi Belajar pada Pokok Bahasan Ikatan Kimia. *Pediaqu: Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora Vol.*, 2(1), 497–501.
- Nilmarito, S., Nugraha, A. W., & Nurfajriani, N. (2022). Development of Learning Media Based on Visualization of Computation Chemical Calculation Results. *AISTEEL*, 1–9. <https://doi.org/10.4108/eai.20-9-2022.2324795>
- Panggabean, F. T. M., Silitonga, P. M., Sinaga, M., Sutiani, A., & Purba, J. (2022). Development of General Chemistry Learning Media (Thermochemistry) Using Web Based Learning Model. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 11(12), 400–404. <https://doi.org/10.7753/IJCATR1112.1001>
- Purba, J., Panggabean, F. T. M., & Widarma, A. (2021). Development of General Chemical Teaching Materials (Stoichiometry) in an Integrated Network of Media- Based Higher Order Thinking Skills. *Proceedings of the 6th Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership*, 591(Aisteel), 949–954.
- Sinaga, C. U. H., & Nugraha, A. W. (2021). Determining the Most Stable Structure of Benzamided Derivatives Using Density Functional Theory (DFT). *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST-UNIMED)*, 04(2), 49–54.
- Sintiani, P., Dewita, N., & Nugraha, A. W. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Visualisasi 3D dan Animasi Molekul pada Sub Pokok Bahasa Bentuk Molekul di SMA. *Prosiding Semnaskim Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan*, 111–117.
- 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(01), 1925–1931.
- Suhanda, & Suryanto, S. (2020). Peningkatan Pemahaman Siswa pada Konsep Senyawa Turunan Alkana Melalui Learning Cycle 5E Berbantuan Peta Konsep. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 14(2), 2652–2664.
- Wildayani, H., Nugraha, A. W., & Nurfajriani. (2023). Development Of Computational Chemistry-Based Learning Media On The Subject Of Isomers Of Organic Chemical Reaction Course. *AIP Conference Proceedings*, 2642(January), 1–9. <https://doi.org/10.1063/5.0111163>

---Halaman ini sengaja dikosongkan---